

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Odbavovací dopravník příletové letištní haly

Conveyor for Airport Arrivals Hall

Student:

Jaroslav Grabec

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Robert Brázda, Ph.D.

Ostrava 2011

Zadání bakalářské práce

Student: **Jaroslav Grabec**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2302R003 Dopravní stroje a manipulace s materiálem**
Téma: **Odbavovací dopravník příletové letištní haly
Conveyor for Airport Arrivals Hall**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši dopravníků vhodných pro letištní provozy.
2. Zpracujte varianty řešení odbavovacího dopravníku a dle optimálních kritérií zvolte vhodnou variantu.
3. Proveďte výpočet a konstrukční návrh odbavovacího dopravníku včetně potřebných technologických a pevnostních výpočtů.
4. Nakreslete sestavu dopravníku s důrazem na pohon, napínací zařízení a detail tažného a nosného prvku.
5. Vstupní parametry zvolte po šetření na letišti Leoše Janáčka. - *hale*

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] ČSN 01 6910 Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [2] ČSN ISO 690 Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [3] POLÁK, J. BAILOTTI, K. PAVLIŠKA, J. HRABOVSKÝ, L.: Dopravní a manipulační zařízení II. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. 2003. ISBN 80-248-0493-X.
- [4] PETRUŽELKA, J. Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci [online]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, poslední aktualizace 21. 10. 2006 [cit. 2007-04-10]. Dostupný z [www: <URL: http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Jak%20psat.pdf>](http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Jak%20psat.pdf).

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Robert Brázda, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.



V Ostravě 20. 05. 2011

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3)
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo, bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 18. 05. 2011



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jaroslav Grabec

Adresa trvalého pobytu autora práce: Štěpnická 1620, Veselí nad Moravou, 698 01

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

GRABEC, J. *Odbavovací dopravník příletové letištní haly: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2010, 67 str. Vedoucí práce: Brázda, R.

V bakalářské práci se zabývám návrhem, výpočtem a konstrukčním řešením odbavovacího dopravníku (článekového) a jeho bezpečností. Odbavovací dopravník je součástí každého letiště. Práci jsem rozdělil do 5 fází. V první fázi jsem volil tvar a nosnou konstrukci. Zvolil jsem oválný tvar a při jeho volbě jsem kladl důraz na co nejjednodušší konstrukční řešení, snadnou montáž a vyměnitelnost, případně opravu. V druhé fázi jsem navrhoval nosný a tažný prvek. Oba jsou odlitky z materiálu FilaWin, kvůli co nejmenší hmotnosti, materiál má 20 % hmotnosti oceli. V třetí fázi jsem počítal a volil pohon dopravníku a napínání. Pohon jsem vybíral z více variant a zvolil jsem pohon pomocí třecího převodu. Z důvodu lepšího přenosu třecí síly jsem použil žebrový řemen. Napínání řemenu je uskutečněno dvěma způsoby. Šroubem, který kompenzuje trvalé prodloužení řemenu a přítlačným válečkem, který vyrovnává pružné prodloužení. Ve čtvrté fázi jsem volil pojízďecí a vodící kola. Kola jsou pogumovaná a mají tichý chod, což byl jeden z hlavních požadavků. V poslední fázi jsem řešil bezpečnost dopravníku, protože se v jeho okolí neustále pohybují lidé, včetně malých dětí. Aby se předešlo zranění, jsou všechny pohybující se části dopravníku zakrytované, kromě pohybujících se článků pásu. V případě ohrožení jsou po obvodu bezpečnostní tlačítka, která dopravník vypnou tím, že vypojí elektromotor od sítě.

KLÍČOVÁ SLOVA

dopravník

letiště

zavazadla

manipulace

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

GRABEC, J. *Conveyor for Airport Arrivals Hall: Bachelor Thesis*.
Ostrava: VŠB –Technical University of Ostrava, Institute of transport, 2010, 67 p. Thesis
head: Brázda, R.

This bachelor thesis deals with proposal, calculation and structural design of check conveyer (sectional) and his safeness. Check conveyer belongs of each of airport. Work is divided to the 5 phases. In first phase I have chosen form and bearing construction. I chose oval shape and at its option had to be as simple as possible solving, easy assembly and interchange ability. In second phase I proposed bearing and pull element. Both of them are made of FilaWin, because of its small materiality, material reaches 20 % of mass of steel. In third phase I counted and chose a conveyer drive and tension. Drive was chosen from more variants and I decided to drive by the friction gearing. Because of better power transmission was used a ribbed belt. Tension is realized in two ways. By screw that the compensates permanent extension of belt and by pressure roll that deals flexible extension. In fourth phase I opt for movable and leading wheels. Wheels are rubbered and they have silent running, which was one of the main request. In final phase I solved safeness of conveyer, because there is always a lot of people around conveyer, inclusive small children. Whole conveyer is covered. In case of danger there are safety buttons which turn off conveyer (disengages the motor from the mains).

KEYWORDS

conveyor

airport

baggage

manipulation

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ	9
ÚVOD.....	11
1 REŠERŠE	12
1.1 TVAR A DÉLKA DOPRAVNÍKU	12
1.2 TVAR A VZHLED ČLÁNKŮ.....	13
1.3 NOSNÁ KONSTRUKCE	14
1.4 VÝROBCI.....	15
1.5 POHON ODBAVOVACÍCH DOPRAVNÍKŮ	16
2 VOLBA TVARU DOPRAVNÍKU	17
2.1 VOLBA TVARU.....	18
2.2 UMÍSTĚNÍ DOPRAVNÍKU NA LETIŠTI	19
3 NOSNÁ KONSTRUKCE	20
3.1 NOSNÁ KONSTRUKCE V PŘÍMÉM ÚSEKU	20
3.2 NOSNÁ KONSTRUKCE V OBLOUKU DOPRAVNÍKU	21
3.3 NOHY	23
4 NOSNÝ PRVEK	24
4.1 SPOJENÍ ČLÁNKU PÁSU S NOSNÝM PRVKEM	25
5 TAŽNÝ PRVEK	27
5.1 SPOJENÍ TAŽNÝCH PRVKŮ	27
5.2 SPOJENÍ TAŽNÉHO A NOSNÉHO PRVKU	28
6 NÁVRH POHONU DOPRAVNÍKU	29
6.1 POHON ŘETĚZOVÝM PŘEVODEM	29
6.2 POHON ŘEMENOVÝM PŘEVODEM	30
6.3 POHON TŘECÍM PŘEVODEM.....	31
6.4 POHON OZUBENÝM PŘEVODEM.....	32
6.5 VOLBA POHONU.....	32
6.6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ POHONU	33
6.6.1 Přítlačné válečky	33

6.6.2	Řemenice.....	35
6.6.3	Řemen	36
7	NAPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ.....	37
7.1	NAPÍNÁNÍ ŘEMENU.....	37
7.2	NAPÍNÁNÍ ČLÁNKOVÉHO ŘETĚZU.....	38
8	VÝPOČTY.....	39
8.1	ZATÍŽENÍ DOPRAVNÍKU	39
8.2	CELKOVÉ SVISLÉ ZATÍŽENÍ DOPRAVNÍKU	40
8.3	POČET ČLÁNKŮ NA DOPRAVNÍKU	40
8.4	ČLÁNEK DOPRAVNÍKU A JEHO HMOTNOST.....	41
8.5	CELKOVÁ HMOTNOST JEDNOHO ČLÁNKU	43
8.6	NÁVRH A VÝPOČET ZKRUTNÉ PRUŽINY.....	46
8.7	VOLBA ELEKTROMOTORU	47
8.8	UCHYCENÍ MOTORU NA NOSNÉ KONSTRUKCI DOPRAVNÍKU.....	52
9	MKP – KONTROLA NA PRŮHYB.....	54
9.1	ZADÁNÍ	54
9.2	PRŮBĚH VÝPOČTU	55
9.3	VÝSLEDEK	56
10	VOLBA POJÍŽDĚCÍHO A VODICÍHO KOLA	57
10.1	POJÍŽDĚCÍ KOLA	58
10.2	VODICÍ KOLA	59
11	BEZPEČNOST DOPRAVNÍKU.....	60
11.1	BOČNÍ KRYTY	60
11.2	BEZPEČNOSTNÍ TLAČÍTKA	61
11.3	KONSTRUKCE DOPRAVNÍKU	61
11.4	KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ POHONU	62
	ZÁVĚR	63
	POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA.....	66
	SEZNAM PŘÍLOH.....	67

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

b	Šířka dopravníku	[m]
b_k	Šířka pojezdového kola	[m]
D	Průměr pojezdového kola	[m]
e_1	Rameno valivého odporu ložiska	[m]
e_2	Rameno valivého odporu kola	[m]
F	Síla ve směru pohybu	[N]
f	Součinitel tření mezi řemenem a řetězem	[-]
F_1	Celkové svislé zatížení	[N]
F_a	Síla působící na nosný prvek při analýze MKP	[N]
F_p	Přítlačná síla	[N]
F_{ps}	Skutečná přítlačná síla	[N]
F_s	Potřebná hnací síla	[N]
F_x	Síla vyvinutá jednou pružinou	[N]
g	Gravitační zrychlení	[m·s ⁻²]
G_v	Tíha vozidla	[N]
i	Počet pružin	[ks]
i_p	Převodový poměr	[-]
k_{el}	Počet článků na dopravník	[ks]
l	Vodorovná délka dopravníku	[m]
L_s	Celková délka dopravníku ke střednímu vláknu	[m]
m	Průměrná hmotnost 1 zavazadla	[kg]
M	Potřebný točivý moment	[N·m]
m_c	Celková hmotnost na dopravníku	[kg]
$m_{\check{c}}$	Celková hmotnost článku dopravníku	[kg]
M_m	Moment elektromotoru	[N·m]
m_{np}	Hmotnost nosného prvku	[kg]
m_p	Hmotnost článku pásu	[kg]
$m_{př}$	Hmotnost převodovky a motoru	[kg]
$m_{ř}$	Hmotnost řetězu	[kg]
m_z	Hmotnost zavazadla	[kg]
n	Otáčky poháněcího kola	[ot·min ⁻¹]
n_k	Únosnost pojezdového kola	[kg]

n_s	Skutečné otáčky bubnu	$[\text{ot}\cdot\text{s}^{-1}]$
P	Příkon elektromotoru	$[\text{W}]$
P_p	Skutečný příkon elektromotoru	$[\text{W}]$
P_s	Skutečný potřebný příkon elektromotoru	$[\text{W}]$
Q	Celkové zatížení dopravníku	$[\text{N}]$
R	Poloměr dopravníku (vnější)	$[\text{m}]$
r	Poloměr dopravníku (vnitřní)	$[\text{m}]$
r_b	Poloměr bubnu	$[\text{m}]$
R_o	Opěrná část ramene pružiny	$[\text{m}]$
R_p	Pracovní část ramene pružiny	$[\text{m}]$
t	Rozteč článků řetězu	$[\text{m}]$
v	Rychlost dopravníku	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$
v_s	Skutečná rychlost dopravníku	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$
w	Dovolený průhyb nosného prvku	$[\text{m}]$
w_a	Skutečný průhyb nosného prvku	$[\text{m}]$
w_v	Vozidlový odpor	$[-]$
x	Počet zavazadel na dopravníku	$[\text{ks}]$
η_c	Účinnost teoretická	$[-]$
η_L	Účinnost ložisek	$[-]$
η_m	Účinnost motoru	$[-]$
η_p	Účinnost řemenového pohonu	$[-]$

ÚVOD

V bakalářské práci se budu zabývat výpočtem a konstrukčním návrhem odbavovacího dopravníku příletové letištní haly. Vstupní parametry, jako požadovaná přepravní kapacita a tvar odbavovací haly, jsou voleny pro Mezinárodní letiště Ostrava-Mošnov.

Existuje mnoho typů, velikostí a tvarů odbavovacích dopravníků. Vyznačují se tichým chodem a malými rychlostmi. Na rozdíl od ostatních typů dopravníků musí mít i určitý design, protože jsou umístěny v odbavovací hale, kde se denně vystřídají stovky cestujících.

Odbavovací dopravníky jsou nedílnou součástí každého letiště pro veřejnou dopravu osob. Jsou umístěny v odbavovací hale, kam po přeletu zamíří cestující. Zavazadla jsou z letadla na dopravník přepravena pomocí letištních vozíků. Překládka zavazadel z vozíku na dopravník se děje manuálně a vykonává ji jeden, nebo dva zaměstnanci letiště. Zavazadla poté obíhají na dopravníku, dokud si je cestující nevyzvednou.

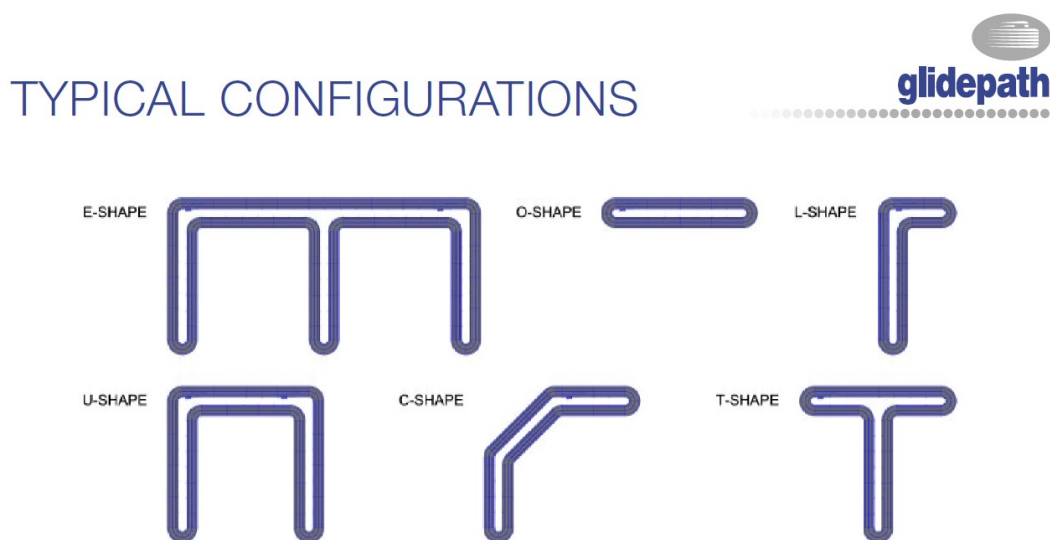
Výhodou odbavovacích dopravníků je značné zrychlení odběru zavazadel, oproti ručnímu odběru ze zavazadlového prostoru letadla a následného hledání majitele. Kromě toho tento způsob není u velkokapacitních letadel z důvodu bezpečnosti (pohybu cestujících po ranveji) možný a používá se pouze u soukromých letů, nebo ve výjimečných případech u letadel s kapacitou do 25 osob.

Velký důraz je kladen na bezpečnost, protože se v jejich bezprostřední blízkosti neustále pohybuje mnoho lidí. Dopravníky jsou celé zakrytované, kromě pohybujících se článků pásu, které nesou zavazadla. Z důvodu větší bezpečnosti na nich nejsou žádné ostré hrany, které by mohly způsobit vážná poranění.

1 Rešerše

1.1 Tvar a délka dopravníku

Odbavovací dopravník může mít libovolný tvar, s jakoukoliv délkou a různým počtem oblouků, zatáček apod. Délka i tvar závisí na velikosti letiště, počtu cestujících, velikosti a tvaru odbavovací haly, ale hlavně na přání zákazníka (případně konstruktéra, designéra). Nejčastější tvary odbavovacích dopravníků jsou na obrázku Obr. 1.1.



Obr. 1.1 Nejčastější tvary odbavovacích dopravníků [1]

Dopravníky se vyrábějí buď vodorovné, nebo nakloněné. Nakloněné dopravníky jsou konstrukčně složitější, dražší a vlivem naklonění na nich vznikají přídavné síly. Výhodou je snadnější odběr zavazadel. Madla jsou ve větší výšce a díky naklonění se zavazadla lépe „odlepí“ od dopravníku. Jestli je zvolen vodorovný, nebo nakloněný dopravník závisí pouze na ceně, kterou chce zákazník investovat. Příklady nakloněného a vodorovného dopravníku jsou na obrázcích Obr. 1.2 a Obr. 1.3.



Obr. 1.2 Nakloněný dopravník [2]



Obr. 1.3 Vodorovný dopravník [3]

Výška dopravníku, resp. výška, ve které se pohybují zavazadla, je taky libovolná a závisí na druhu konstrukce. Dle dosavadních zjištění se výška pohybuje v rozmezí 200 až 500 mm, ve výjimečných případech i více.

1.2 Tvar a vzhled článků

Články mohou mít tvar obdélníkový (Obr. 1.2), který se používá převážně pro nakloněné dopravníky. Na obrázku Obr. 1.4 je zaoblený tvar článku, který se používá pro vodorovné dopravníky z důvodu snadnějšího průchodu zatáčkou. Články po sobě kloužou a vyplní celý prostor oblouku.



Obr. 1.4 Zaoblený tvar článku [4]

Články dopravníku mohou mít i různý design. Barvu článků ovlivňuje použitý materiál. Nejčastější je barva černá nebo libovolný tmavý odstín. Pokud je letiště v blízkosti aquacentra nebo kasína, mohou být články speciálně potištěné a tím fungovat i jako reklama (Obr. 1.5 a Obr. 1.6).



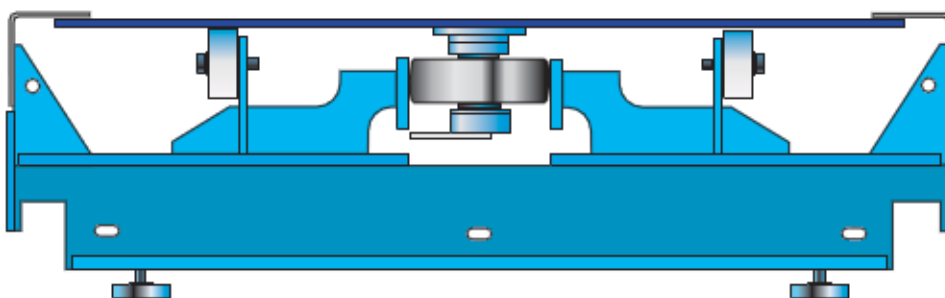
Obr. 1.5 Design článku-bazén [5]



Obr. 1.6 Design článku-kasino [6]

1.3 Nosná konstrukce

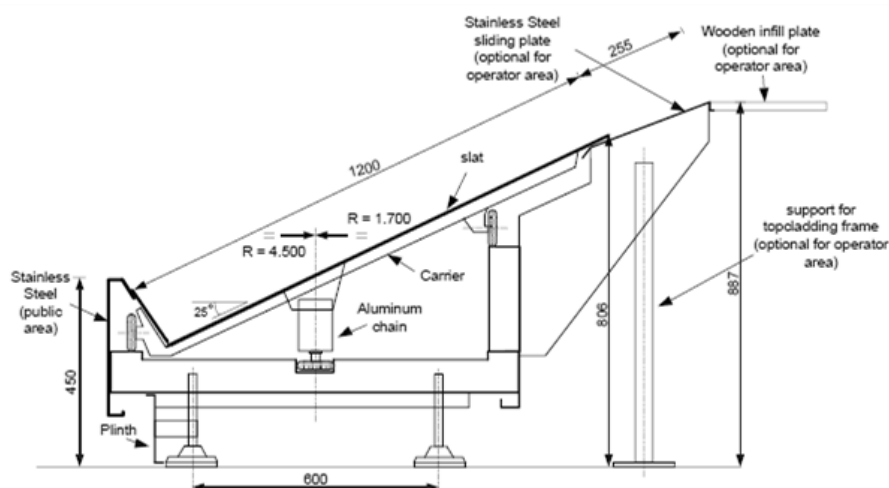
Nosná konstrukce odbavovacího dopravníku není ve většině případů robustní a závisí hlavně na způsobu vedení článkového pásu (valivé nebo kluzné vedení), na počtu a typu tažného řetězu a na tvaru dopravní trasy (přímá nebo nakloněná).



Obr. 1.7 Nosná konstrukce pro vodorovný dopravník [7]

Na obrázku Obr. 1.7 je příklad nosné konstrukce pro vodorovný dopravník s kluzným vedením a na obrázku Obr. 1.8 je nosná konstrukce pro nakloněný dopravník.

Nosné konstrukce jsou celé zakrytované, aby nedošlo k úrazu od pohybujících se částí, nebo k zachycení oděvu cestujících, případně částí zavazadel. Zakrytování bývá pomocí nerez plechů, tloušťky 2–3 mm a má estetický účel.



Obr. 1.8 Nosná konstrukce pro nakloněný dopravník [8]

1.4 Výrobci

Jediný český výrobce, který se mimo jiné specializuje na návrh a výrobu odbavovacích dopravníků pro letiště, je firma LOGSYS se sídlem v Břeclavi. Logo společnosti je na obrázku Obr. 1.9.



Obr. 1.9 LOGSYS, Břeclav [4]

Mezi nejvýznamnější zahraniční výrobce odbavovacích dopravníků patří firma VanDerLande Industries se sídlem v Nizozemsku a s pobočkami po celém světě. Tato firma dodala odbavovací dopravník pro řešené Mezinárodní letiště Ostrava-Mošnov i pro Letiště Praha Ruzyně.



Obr. 1.10 VanDerLande, Nizozemsko [8]

Mezi další významné výrobce patří např. firmy:

- LOGAN Teleflex, USA,
- Glidepath Group, Nový Zéland,
- Jervis B. Webb Company, USA,
- ICM Airport Technics, Německo,
- ANSIR, Austrálie,
- BCS Group, USA.

1.5 Pohon odbavovacích dopravníků

Dle dosavadních zjištění jsou odbavovací dopravníky obvykle poháněny těmito způsoby:

- řetězovým převodem,
- řemenovým převodem,
- ozubeným převodem,
- pomocí třetího převodu.

Jako zdroj se používají elektromotory s převodovkou, výkony max. několik desítek kW (pro nejdelší a nejvytíženější dopravníky).

2 Volba tvaru dopravníku

Volba tvaru dopravníku závisí na požadavcích zákazníka a na ceně, kterou chce investovat. Při volbě tvaru musí být brán ohled na tvar odbavovací haly, na počet cestujících a na jejich způsob příchodu a odchodu z odbavovací haly. Při větším počtu cestujících je lepší volit členitější tvar dopravníku (Obr. 2.5), při malém počtu cestujících, nebo na méně frekventovaném letišti stačí jednoduchý oválný tvar (Obr. 2.3). Dopravník může být buď vodorovný (Obr. 2.1), nebo nakloněný (Obr. 2.2).



Obr. 2.1 Vodorovný dopravník [9]



Obr. 2.2 Nakloněný dopravník [10]

Volím vodorovný dopravník, protože je konstrukčně jednodušší a levnější. Na šikmém dopravníku v důsledku naklonění vznikají síly navíc, výroba je dražší, montáž a údržba dopravníku je složitější.

2.1 Volba tvaru

Oválný tvar



Obr. 2.3 Oválný tvar [11]

T-tvar



Obr. 2.4 T-tvar [11]

C-tvar



Obr. 2.5 C-tvar [11]

L-tvar



Obr. 2.6 L-tvar [11]

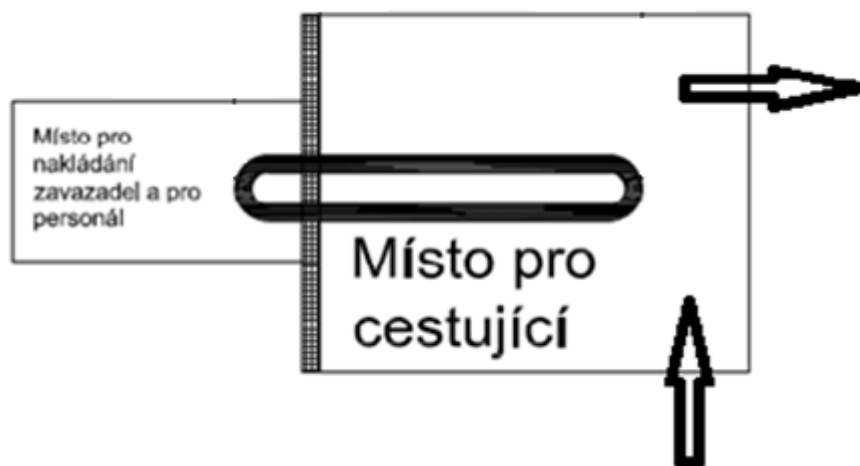
Volím oválný tvar dopravníku (Obr. 2.3), protože je konstrukčně nejjednodušší, nejlevnější a pro dané letiště vyhovující. Je na něm nejmenší počet oblouků a jeden směr otáčení, takže tam nevznikají střídavé síly a namáhání, které by mohly způsobit rychlé opotřebení nebo zapříčinit nějakou závadu. Vlivem jednoho směru otáčení však dochází k nesymetrickému opotřebení strojních součástí. Rozměry dopravníku jsou uvedeny v kapitole 8.1.

Oválný tvar vyžaduje minimální údržbu, montáž a oprava dopravníku je snadnější než u ostatních tvarů. Přeprava z místa výroby na letiště a manipulace s dopravníkem na letišti je lehčí než u členitějších tvarů.

2.2 Umístění dopravníku na letišti

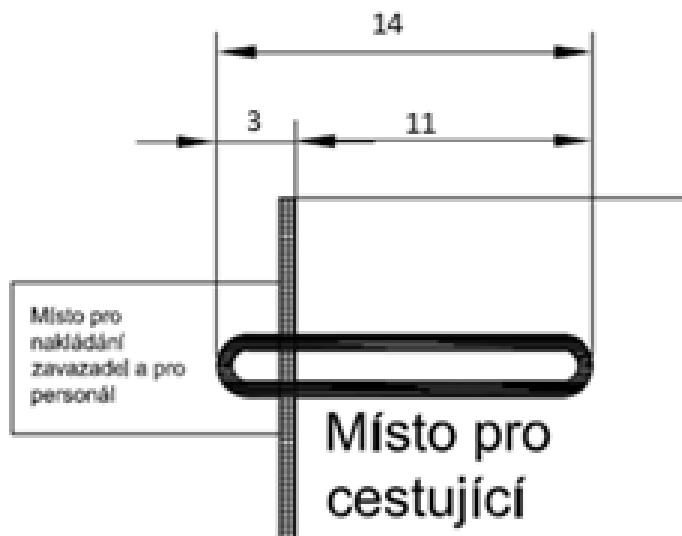
Na letišti bude dopravník umístěn podle obrázku Obr. 2.7. Příchod a odchod cestujících do odbavovací haly naznačují šipky. Při volbě umístění musel být brán ohled na prostor pro nakládání zavazadel.

Jedná se o středně frekventované letiště, kde je odbavováno vždy pouze jedno letadlo, tzn., že se neodbavuje více letadel najednou.



Obr. 2.7 Umístění dopravníku na letišti [12]

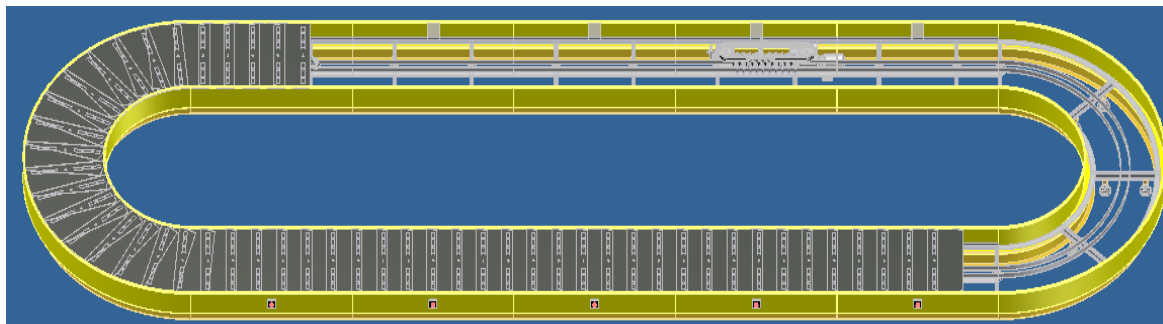
Délka dopravníku přístupná pro cestující, kde si budou moct vyzvednout zavazadla a délka dopravníku pro personál, kde se budou zavazadla na dopravník nakládat, je na obrázku Obr. 2.8 (rozměry jsou udávány v metrech).



Obr. 2.8 Rozměry dopravníku [12]

3 Nosná konstrukce

Dopravník má dvě osy symetrie. Skládá se ze dvou přímých úseků a dvou oblouků (Obr. 3.1). V následující kapitole budu popisovat konstrukční řešení jednoho přímého úseku a jednoho oblouku.



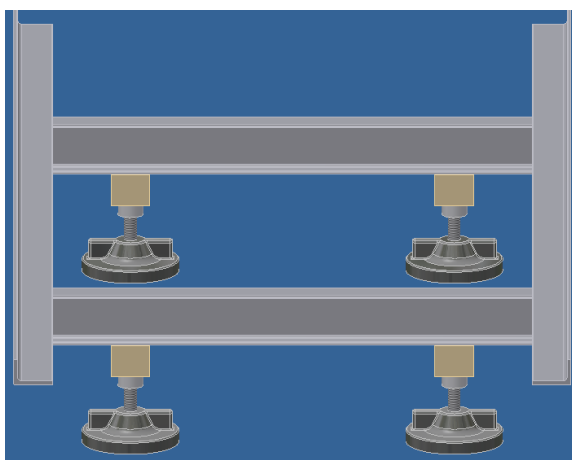
Obr. 3.1 Odbavovací dopravník [13]

3.1 Nosná konstrukce v přímém úseku

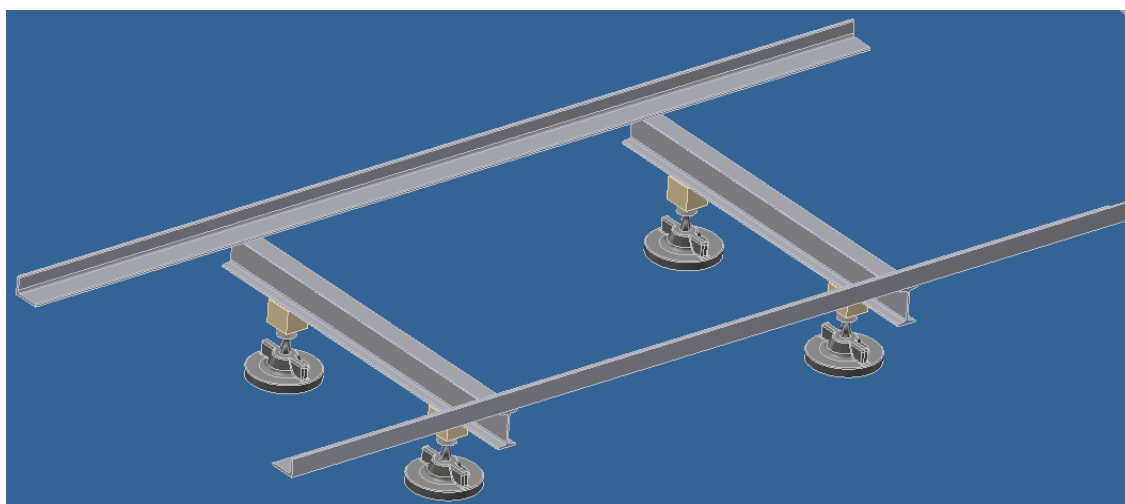
Délka přímého úseku dopravníku je 10 metrů. Nosná konstrukce (Obr. 3.2) se bude skládat z pěti dvoumetrových samostatných částí. V prostřední části jednoho přímého úseku bude umístěn pohon, napínání a veškeré příslušenství.

Základ nosné konstrukce tvoří dva L profily (L 60 x 40 x 6 – 2000 ČSN 42 5545 [27]) a dva I profily (I 80/A – 860 ČSN 42 5550 [27]), které jsou k sobě přivařeny (Obr. 3.3). L profily slouží jako pojezd pro pojízďecí kola. Nevýhodou svarového spoje je, že je nerozebíratelný. Po montáži na místě se s konstrukcí nebude dále hýbat a nehrozí žádné vážné poškození.

Nosná konstrukce nemusí být robustní, protože se nepřepravují velké hmotnosti a nevznikají tam žádné velké síly nebo rázy, které by mohly ohrozit stabilitu nebo funkčnost dopravníku.



Obr. 3.2 Nosná konstrukce [13]



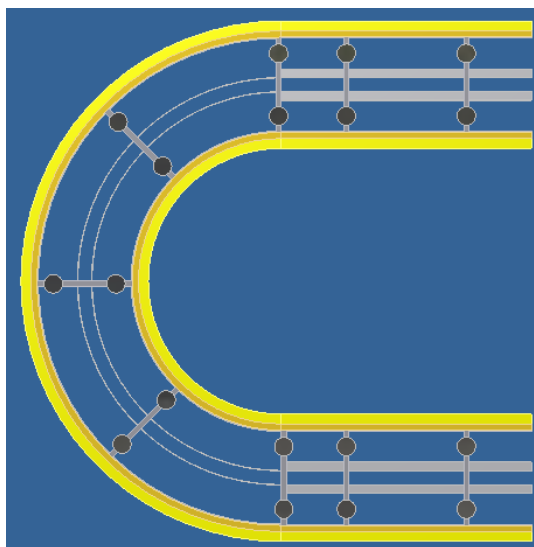
Obr. 3.3 Základ nosné konstrukce [13]

3.2 Nosná konstrukce v oblouku dopravníku

Nosnou konstrukci v oblouku dopravníku tvoří ohýbaný plech o tloušťce 3 mm a I profil, na kterém jsou přišroubovány nohy dopravníku (viz následující podkapitola). Místo L profilu je použit ohýbaný plech, který slouží jako pojezd pro pojízďecí kola (viz kapitola 10.1). Poloměr ohybu vnitřního plechu je 1 512 mm, vnějšího 1 942 mm.

Boční kryty přímé části a oblouku (vnitřní i vnější, viz kapitola 11.1) jsou z ohýbaného plechu, tloušťky 2 mm a jsou k nosné konstrukci přišroubovány.

V oblouku dopravníku jsou 3 nohy rozmístěné po 45°, viz obrázek Obr. 3.4., a další nohy na začátku a konci oblouku.



Obr. 3.4 Oblouk dopravníku [13]



Obr. 3.5 Oblouk dopravníku [13]

Spojení přímé části a oblouku je uskutečněno šroubovým spojem, kvůli jeho rozebíratelnosti. Na spodní straně L profilu i pojezdu kola v zatáčce (ohýbaný plech), které na sebe navazují, jsou přivařeny destičky, pomocí kterých je spoj realizován. V destičce je místo standardní díry pro šroub drážka, která v případě výrobních nebo montážních nepřesností kompenzuje boční posunutí.

3.3 Nohy

Nohy dopravníku jsou k nosné konstrukci přišroubovány (Obr. 3.6). Šroubový spoj je volen z důvodu snadnější výměny (oproti svarovému spoji). Pro šroubový spoj bude jako podložka použita Podložka pro tyče I dle ČSN 02 1739 [27].

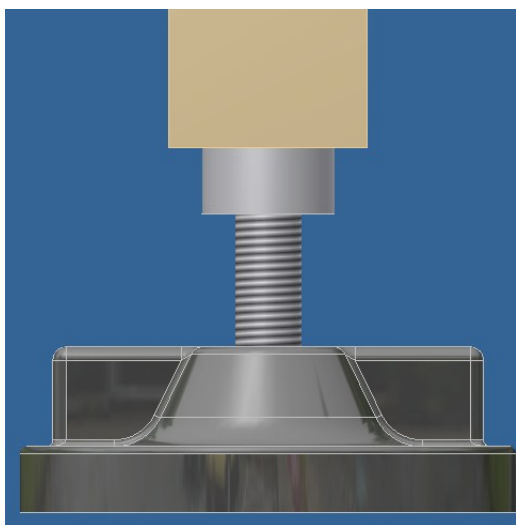


Obr. 3.6 Spojení nohy s nosnou konstrukcí [13]

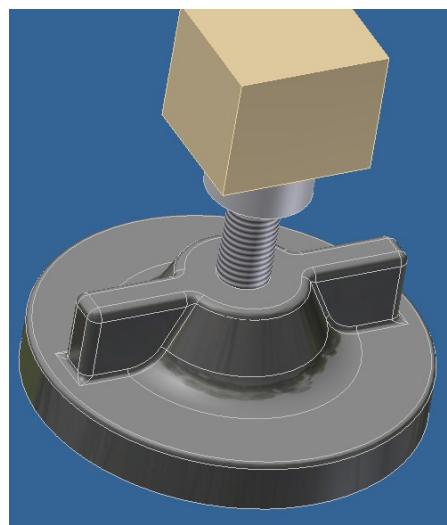
Noha dopravníku (Obr. 3.7) je vylisovaná z tvrzeného plastu a na spodní ploše je pogumovaná, aby bylo dosaženo protiskluzového účinku. Pogumování dále zachycuje vibrace, které by přecházely do podlahy, a tím přispívá k tichému chodu dopravníku.

Noha je našroubována na čepu se závitem, čímž se dosáhne toho, že je stavitelná. Z horní strany je opatřena výstupky, které slouží ke snadnějšímu seřízení výšky (Obr. 3.8). Čep je z druhé strany přivařen k tyči, která je přišroubována k nosné konstrukci.

Stavitelná je vždy jedna noha na jedné části nosné konstrukce (jedna noha ze čtyř), ostatní jsou nalisovány na čepu bez závitu.



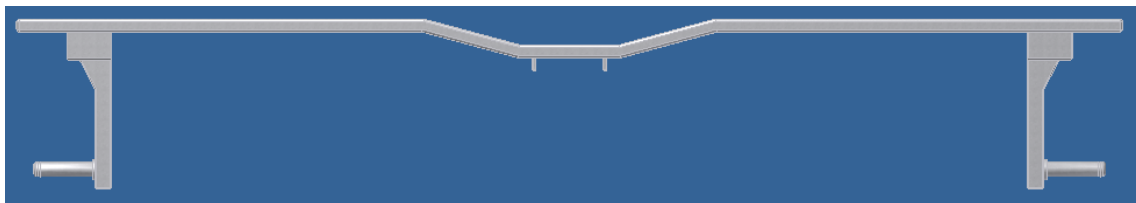
Obr. 3.7 Noha dopravníku [13]



Obr. 3.8 Noha dopravníku [13]

4 Nosný prvek

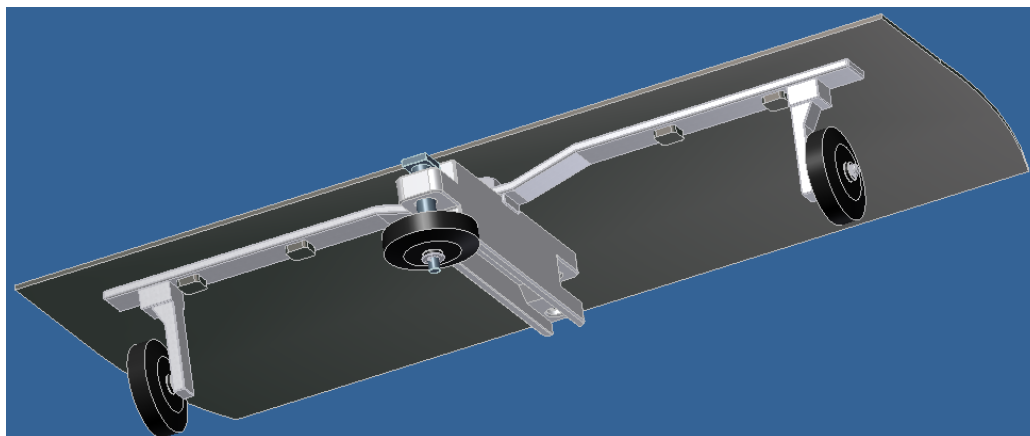
Nosný prvek (Obr. 4.1) je odlitek z materiálu FilaWin od firmy COMAT [26]. Mezi hlavní vlastnosti materiálu patří vysoká tuhost a pevnost, nízká hmotnost a dobrá teplotní a korozní odolnost. Materiál je detailněji popsán v kapitole 8.4.



Obr. 4.1 Nosný prvek [13]

Na nosném prvku jsou následující komponenty (Obr. 4.2):

- tažný prvek (článek řetězu),
- článek pásu,
- pojízďecí kola,
- vodící kolo s čepem,
- normalizované součásti (závlačka, podložka, pojistné kroužky, šroub).

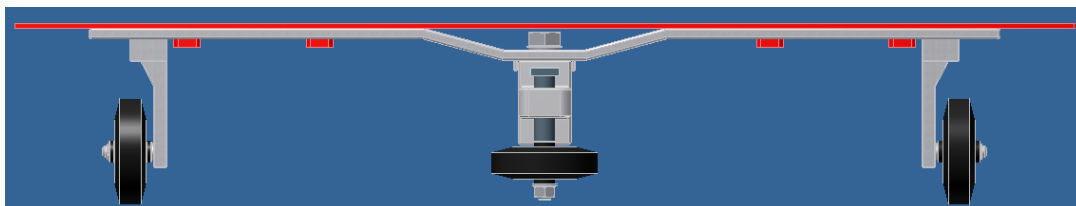


Obr. 4.2 Pojízďecí sestava [13]

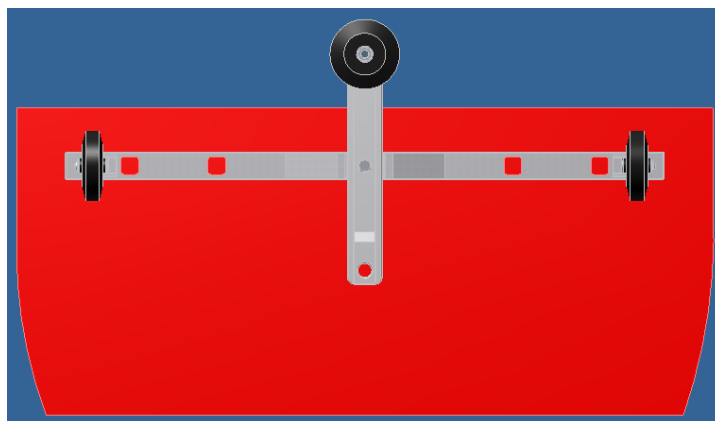
Spojení tažného a nosného prvku je popsáno v kapitole 5.2 a funkce pojízďecích a vodících kol v kapitole 11.

4.1 Spojení článku pásu s nosným prvkem

Na horní straně nosného prvku je umístěn článek pásu (Obr. 4.3). V článku jsou čtyři výstupky, které se při montáži dopravníku zalisují do otvorů v nosném prvku, takže článek s ním není nijak napevno spojen. Pojištění proti vypadnutí je dané tím, že se články částečně překrývají a dosedají na sebe (uzavírají kruh), takže přední článek přitlačuje článek za sebou.



Obr. 4.3 Spojení článku s nosným prvkem [13]



Obr. 4.4 Spojení článku s nosným prvkem [13]

Na obrázcích Obr. 4.3 a Obr. 4.4 je článek pásu znázorněn červenou barvou, aby bylo spojení lépe viditelné. Díky tomu, že článek není pevně spojen s nosným prvkem, se zjednoduší montáž a výměna, případně čištění jednotlivých článků. Při závadě lze snadno nahlédnout do vnitřní konstrukce dopravníku.

Tvar článku pásu lze vidět na obrázku Obr. 4.4. Články jsou výlisky z tvrzeného plastu a mají černou barvu.

Tím, že na sobě články volně leží a nejsou spolu pevně spojeny, je umožněn vzájemný pohyb článků vůči sobě, který je potřebný v obloucích dopravníku.

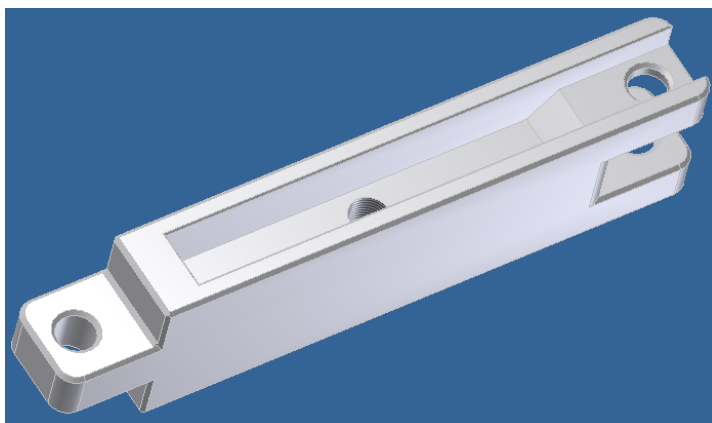
Tvar článku pásu je navržen tak, aby v oblouku nevznikala žádná mezera a aby článek vyplnil celou plochu, na kterou se budou pokládat zavazadla, jak v oblouku, viz obrázek Obr. 4.5, tak v přímém úseku dopravníku.



Obr. 4.5 Články pásu v oblouku dopravníku [13]

5 Tažný prvek

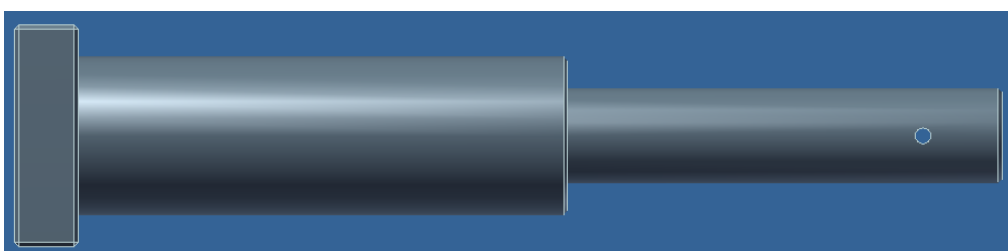
Tažný prvek (Obr. 5.1) je odlit z materiálu FilaWin od firmy COMAT, stejně jako nosný prvek. Boky článku řetězu musí být dokonale rovinné z důvodu co nejlepšího přenosu síly pomocí tření (viz kapitola 6). Pro účinnější přenos tření můžou být boky řetězu zdrsňeny.



Obr. 5.1 Tažný prvek [13]

5.1 Spojení tažných prvků

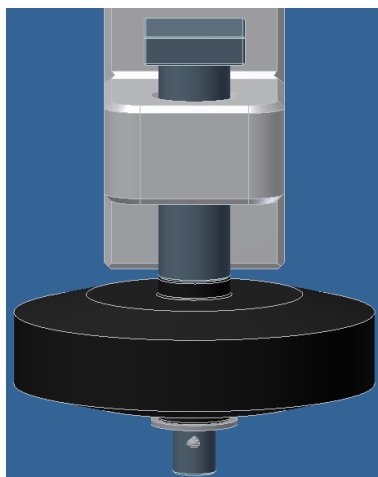
Spojení článků řetězu je pomocí čepu (Obr. 5.2), na jehož konci je díra pro závlačku. Čep je vyroben zápusťkovým kovááním.



Obr. 5.2 Čep [13]

Čep plní jak funkci spojovací, kdy spojuje jednotlivé články řetězu, tak funkci nosnou, kdy nese vodící kolo (Obr. 5.3).

Vodící kolo (Obr. 5.3) z jedné strany dosedá na větší průměr čepu a z druhé strany je jištěno podložkou se závlačkou. Pojištění pomocí šroubu není možné, protože po jeho utažení by boční strana kola dosedla na čep a kolo by se v případě dotyku bočního vedení nemohlo otáčet.

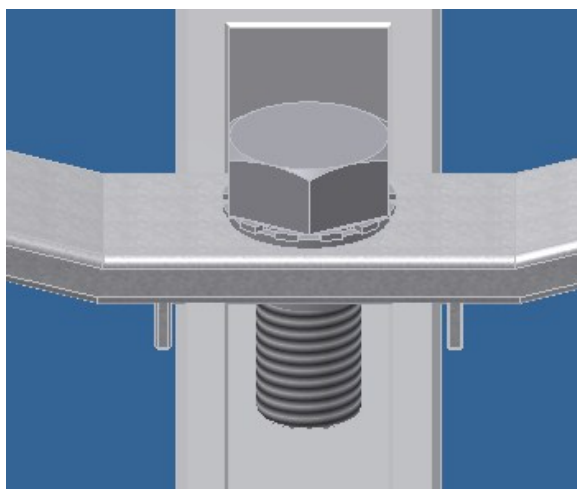


Obr. 5.3 Vodící kolo [13]

5.2 Spojení tažného a nosného prvku

Spojení tažného a nosného prvku (Obr. 5.4) je pomocí šroubového spoje M20. V tažném prvku (řetězu) je průchozí díra se závitem, do které je zašroubovaný šroub. Aby se řetěz neprotácel při montáži, je nosný prvek opatřen dvěma výstupky, které vymezí polohu řetězu.

Šroub je pojištěn pružnou podložkou.



Obr. 5.4 Spojení tažného a nosného prvku [13]

6 Návrh pohonu dopravníku

Dle dosavadních zjištění může být odbavovací dopravník obvykle poháněn těmito způsoby:

- řetězovým převodem,
- řemenovým převodem,
- pomocí tření,
- ozubeným převodem.

6.1 Pohon řetězovým převodem

Kvůli zvýšené hladině zvuku je pohon umístěn v oblouku v zadní části dopravníku, která je nepřístupná cestujícím. Na jedné hřídeli jsou dvě řetězová kola. Jedno bude pohánět dopravník a druhé bude poháněno pomocí řetězového převodu. Schéma pohonu je na obrázku Obr. 6.1.



Obr. 6.1 Řetězový převod [14]

Druhou variantou by byla soustava motor-spojka-převodovka-řetězové kolo, které by pohánělo dopravník.

Výhody:

- bezpečný přenos obvodové síly tvarovou vazbou, tedy bez skluzu,
- dobrá účinnost, až 98 % [22],
- nepotřebuje předpětí,
- řetěz není citlivý k pracovnímu prostředí (teplota, vlhkost, prach),
- snadná montáž a výměna řetězu,
- velká trvanlivost.

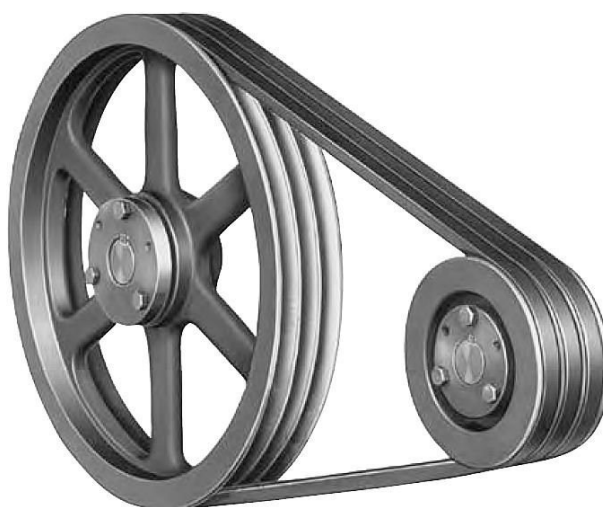
Nevýhody:

- hlučnost pohonu,
- zvětšování délky řetězu opotřebením čepů a následné nutné dodatečné napínání řetězu,
- nutná stavitelná vzdálenost hřídelů, nebo použití napínací kladky,
- vyžaduje přesnou montáž, zejména nastavení rovnoběžnosti hřídelů a řetězek vůči sobě,
- nutná speciální konstrukce řetězových článků,
- příliš veliké řetězové kolo.

6.2 Pohon řemenovým převodem

U řemenových převodů se výkon přenáší třením nebo pomocí zubů prostřednictvím uzavřeného, poddajného řemene z hnací řemenice na hnanou řemenici. [22]

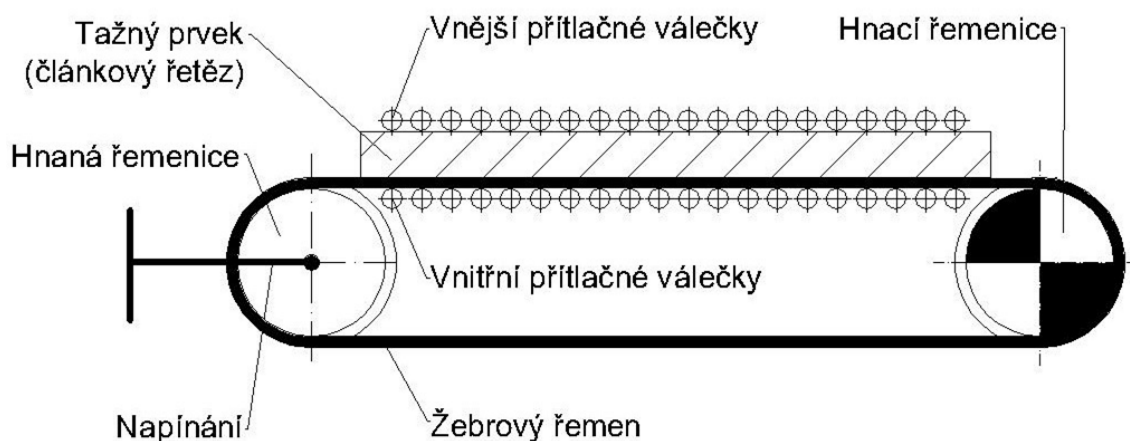
Princip je podobný jako u řetězového převodu, ale místo řetězu je použit řemen. Schéma pohonu je na obrázku Obr. 6.2.



Obr. 6.2 Řemenový převod [15]

6.3 Pohon třecím převodem

Pohon (Obr. 6.3) bude realizován pomocí řemenu, který je přitlačován na boční stranu tažných prvků dopravníku. Přitlačná síla vnitřních a vnějších válečků může být vyvozena pneumaticky, hydraulicky, pružinou nebo konstrukčním provedením. Boční strana tažných prvků může být pro větší účinnost a lepší přenos tření zdrsňena.



Obr. 6.3 Pohon pomocí třecího převodu [12]

Výhody:

- tichý chod,
- pružný záběr,
- jednoduchá a levná výroba,
- slouží jako pojistka pohonu chránící před přetížením,
- snadné seřízení, údržba a provoz,
- velká účinnost (při použití žebrového řemenu až 99 %) [22],
- není nutnost pojistit řemen proti axiálnímu vysunutí ze záběru.

Nevýhody:

- převodový poměr v důsledku prokluzování řemene není zcela konstantní,
- nepřesný přenos pohybu u řemenů s třecí vazbou,
- nutnost napínání řemenu,
- řemen je citlivý na vysokou teplotu.

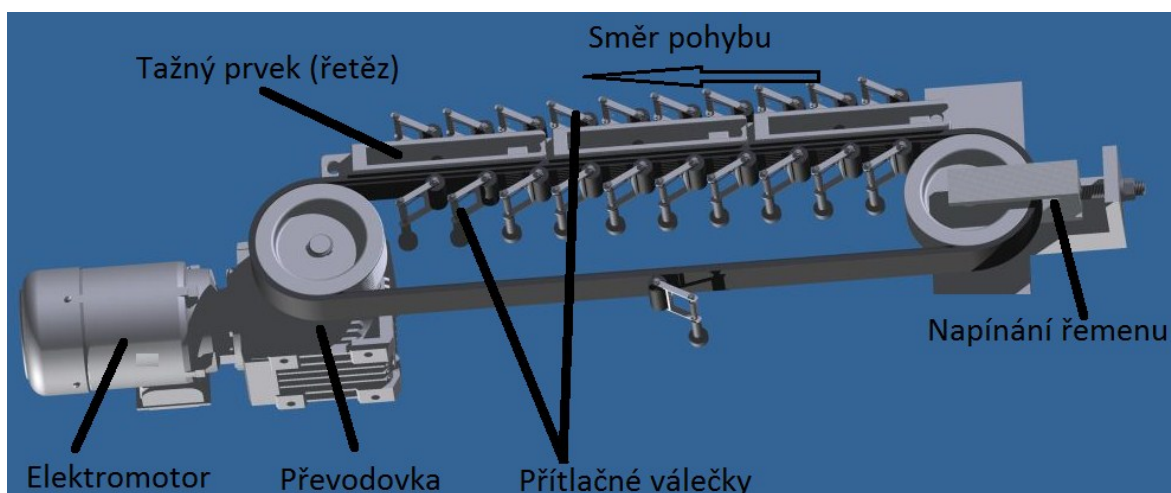
6.4 Pohon ozubeným převodem

Princip pohonu je podobný jako u řetězového převodu, kdy na jedné hřídeli jsou dvě ozubené kola, z nichž jedno pohání dopravník a druhé je poháněno ozubeným převodem.

Nevýhodou tohoto pohonu je složitější a dražší výroba (přesná výroba a potřeba tuhého uložení). Při nepřesném uložení vzniká hluk a chvění, kdy hlavně hluk je v mém případě nežádoucí. Výhodou je, že snáší krátkodobé přetížení a je nenáročná na údržbu.

6.5 Volba pohonu

Volím pohon pomocí třecího převodu. Schéma pohonu je na obrázku Obr. 6.4. Směr pohybu je podle šipky a pohyb řemenu v daném směru přitlačuje válečky směrem k němu. Při opačném směru pohybu by byly válečky od řemene odtlačovány.



Obr. 6.4 Schéma pohonu pomocí třecího převodu [13]

Důvody volby pohonu:

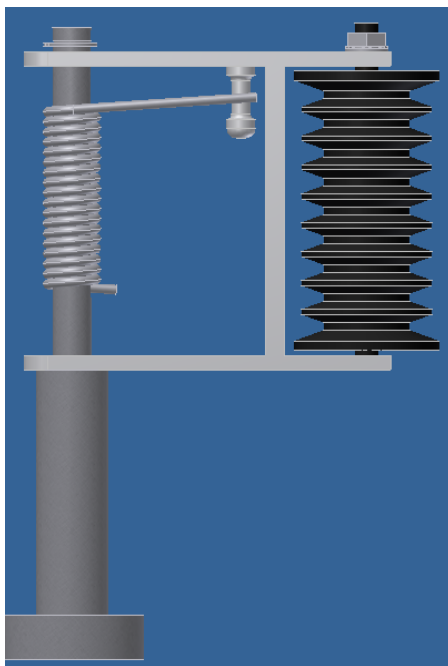
- tichý chod,
- jednoduchá a levná výroba, snadná údržba a montáž, snadno vyměnitelný,
- citlivost na vysokou teplotu je možno zanedbat, protože se nebude pracovat v extrémních podmínkách,
- může sloužit jako pojistka proti přetížení a poškození elektromotoru (při přetížení řemen začne prokluzovat).

Nevýhodou je nutnost napínání řemenu, což je na této konstrukci řešeno šroubem.

6.6 Konstrukční řešení pohonu

6.6.1 Přítlačné válečky

Přítlačné válečky (Obr. 6.5) slouží k vyvození tečné síly na řemen, která je potřebná k pohonu pomocí tření.



Obr. 6.5 Přítlačný váleček [13]

Síla je vyvolána zkrutnou pružinou. Pružina je nasunuta na čepu a jeden její konec je v něm prostrčený. Na obrázcích Obr. 6.5 a Obr. 6.7 kvůli zjednodušení prostrčený není. Pružina se napruží a druhý konec se opře do držáku válečku, čímž začne vyvozovat potřebnou sílu. Držák válečku svou spodní stranou dosedá na čep a z horní strany je jištěn pojistným kroužkem. Čep je přivařen k nosné konstrukci dopravníku.

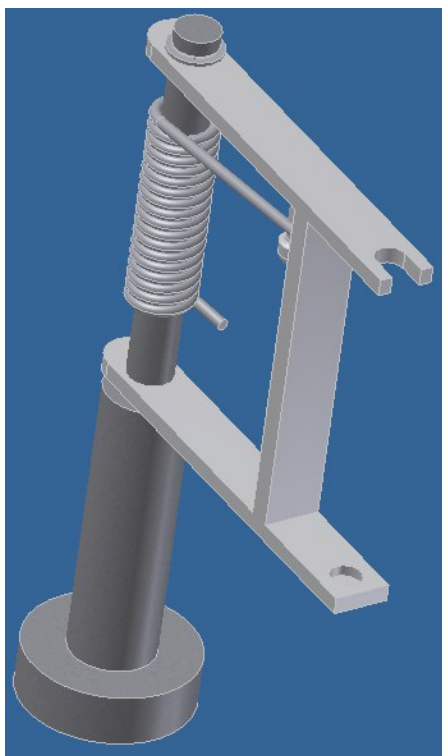
Váleček se při odvalování po řemenu (řetězu) opotřebovává, což má za důsledek zmenšování jeho průměru. Tím může mezi ním a řemenem (řetězem) vznikat vůle, která je nežádoucí z důvodu ztráty jeho funkčnosti, protože přítlačný váleček musí neustále vyvozovat potřebnou sílu. To byl hlavní důvod, proč byla použita zkrutná pružina, místo např. šroubu, nebo přivaření válečku na nosnou konstrukci, kdy by se stal váleček nepohyblivým. Zkrutná pružina vyvíjí neustále přítlačnou sílu, čímž eliminuje vznik vůle.

Váleček je z tvrzeného plastu a díky tomu je zaručen tichý chod. Jsou v něm zalisovaná ložiska (Obr. 6.6), která umožňují otáčivý pohyb.



Obr. 6.6 Ložisko [28]

Váleček je nasazen na hřídeli, která svou spodní stranou dosedá na dno díry v držáku (Obr. 6.7) a horní strana je v držáku volně nasunuta a pojištěna maticí.



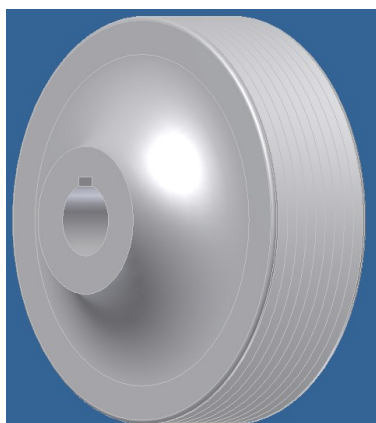
Obr. 6.7 Držák válečku [13]

6.6.2 Řemenice

Řemenice přenáší energii z rotujícího hřídele na řemen. Jsou to odlitky z šedé litiny 42 2415, která se používá pro rychlosti $v < 25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ [22]. Řemenice je lehká, dostatečně pevná a tvarově přesná. V mém případě klínová řemenice musí mít předepsaný tvar a rozměr drážky, aby byla zaručena správná poloha řemene. Řemen musí dosedat celým bokem na drážku, nesmí vyčnívat z drážky ani dosedat na dno.

Hnací řemenice

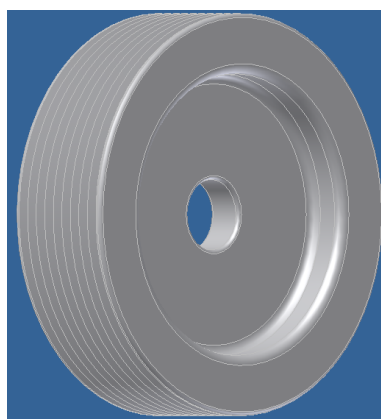
Hnací řemenice je spojena s výstupní hřídelí z převodovky perem, které zajišťuje přenos krouticího momentu. Spodní strana řemenice (strana s výstupkem, viz Obr. 6.8) je na hřídeli nasazena a dosedá na větší průměr hřídele a z druhé strany je pojištěna pojistným kroužkem.



Obr. 6.8 Hnací řemenice [13]

Hnaná řemenice

Hnaná řemenice (Obr. 6.9) se otáčí na čepu a je jištěna pojistným kroužkem. Je pohyblivá a slouží k napínání řemenu, viz kapitola 7.1.



Obr. 6.9 Hnaná řemenice [13]


6.6.3 Řemen

Z důvodu lepšího přenosu síly z řemenice na řemen pomocí tření je použit žebrový řemen typu PK od firmy HOSTR Liberec (Obr. 6.10) [16].

Žebrový řemen má nejlepší vlastnosti. Je ohebný, nevyžaduje velké předpětí a pracuje s velkou účinností než klasické řemeny (ploché, klínové).

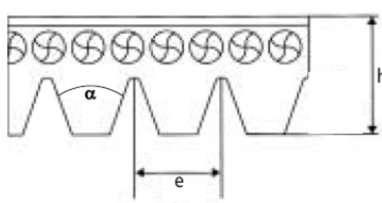
Oproti klasickému plochému řemenu má žebrový řemen díky klínům větší přilnavost k řemenicím a přenáší tím větší zatížení.

žebrové řemeny



DIN 7867
ISO 9982

žebrové řemeny



OZNAČENÍ PROFILU	ROZTEČ ŽEBER e (mm)	VÝŠKA ŘEMENE h (mm)	MIN. PRŮMĚR ŘEMENICE (mm)	ÚHEL α
PH	1,6	2,5	13	40
TB2	2	2,2	-	60
PJ	2,34	3,5	20	40
PK	3,56	5,5	45	40
PL	4,7	7	75	40
PM	9,4	13	180	40

Profil TB2 pouze na poptávku.

Konstrukce: chloroprenový kaučuk + polyesterové kordy

žebrové řemeny v sobě slučují tyto výhody:

- schopnost přenosu velkých sil v poměru výkon / prostor na malých řemenicích s velkou rychlostí
- všeobecně vhodné pro přenos středních výkonů
- vhodné pro návrhy vysoce kompaktních převodů
- dobrá schopnost chlazení řemene
- zajištění rovnoměrné tažné síly v celé šíři řemene
- konstrukce převodů v omezeném prostoru
- profil PJ je vhodný pro vysoké rychlosti až do 10 000 ot./min
- profily PL a PM umožňují použití jako spojka s prokluzem
- elektrostatická vodivost dle ISO 1813
- tichý chod

Příklady využití:

- průmyslová robotika
- potravinářské automaty
- el. ruční nářadí
- pračky
- dřevoobráběcí stroje

Obr. 6.10 Žebrový řemen [16]

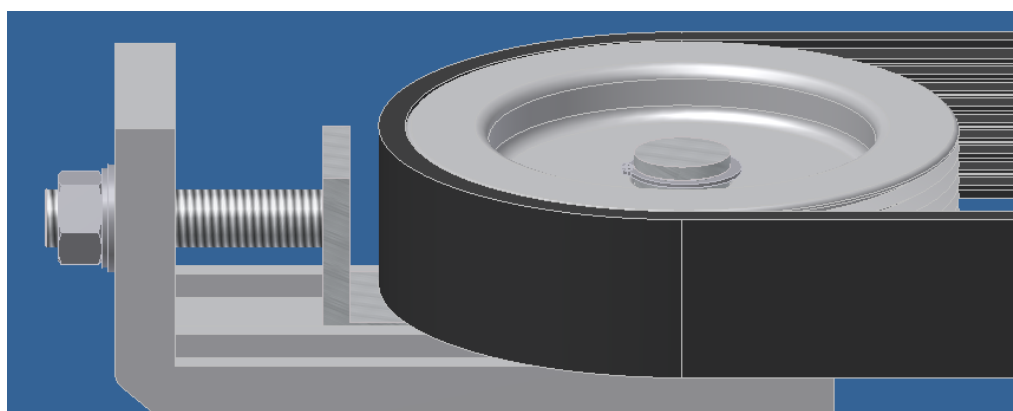
7 Napínací zařízení

Na odbavovacím dopravníku se bude napínat řemen sloužící pro pohon třecím převodem a článkový řetěz.

7.1 Napínání řemenu

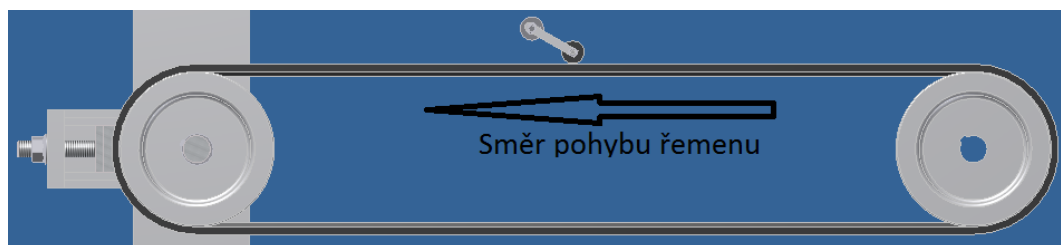
Řemen je napínán dvěma způsoby. Hlavní způsob napínání je šroubem (Obr. 7.1) na vratné řemenici. Tento způsob napínání kompenzuje trvalé prodloužení řemenu. Napínací zařízení zajišťuje předpětí, které je potřebné pro přenos třecí síly z řemenice na řemen.

Šroub je přivařen k posuvnému držáku, na kterém je vratná řemenice. Ta je nasazena na čepu a je jištěna pojistným kroužkem. Pohyb držáku ve směru napínání je vymezen vybráním. Z druhé strany šroub prochází dírou v nehybné konzole, která je přivařena k nosné konstrukci, čímž je zajištěna její stabilita. Napínání řemenu se dosahuje utahováním matice, která je jištěna pružnou podložkou.



Obr. 7.1 Napínání pomocí šroubu [13]

Vedlejší způsob napínání řemenu je pomocí přitlačného válečku (Obr. 7.2). Síla vyvolaná zkrutnou pružinou přitlačuje váleček na řemen. V důsledku této síly se řemen mírně prohýbá a tím se napíná. Tato metoda kompenzuje trvalé i pružné prodloužení pásu a eliminuje možné rozkmitání pásu při rozběhu.



Obr. 7.2 Napínání pomocí přitlačného válečku [13]

Přítlačný váleček má ještě jednu funkci. Tím, že přitlačuje řemen a prohýbá ho, zvětšuje úhel opásání na řemenicích, což přispívá k lepší přeměně točivého momentu na hnací sílu.

7.2 Napínání článkového řetězu

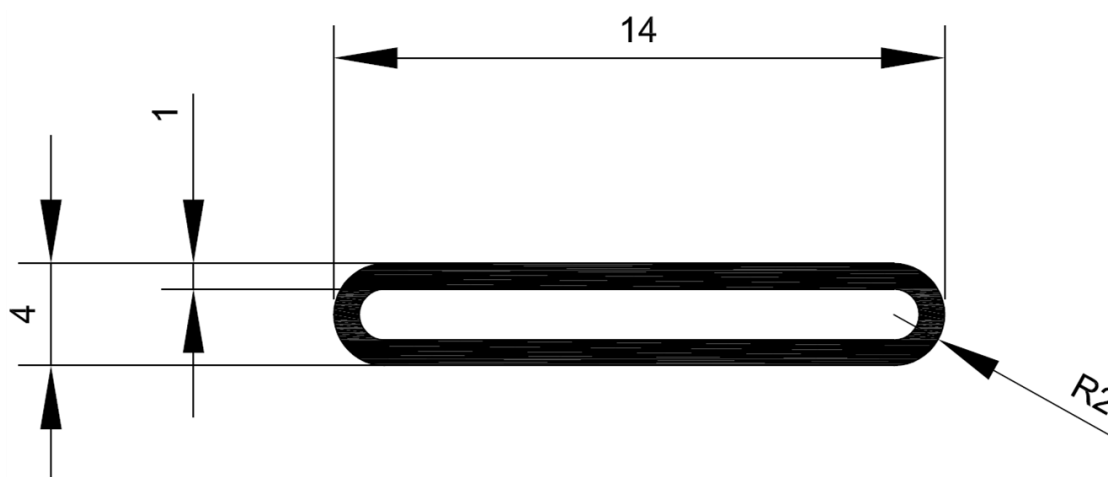
Řetězy jsou vyrobeny s určitou tolerancí. Z tohoto důvodu může dojít k mírnému prodloužení nebo zkrácení celkové délky článkového řetězu.

Napínání článkového řetězu je vyřešeno tak, že jeden střední díl přímé konstrukce dopravníku je posuvný a vyrovnává mírné odchylky v délce řetězu.

8 Výpočty

8.1 Zatížení dopravníku

Zvolil jsem oválný tvar dopravníku (viz kapitola 2.1). Rozměry jsou na obrázku Obr. 8.1 a jsou uváděny v metrech.



Obr. 8.1 Rozměry dopravníku [12]

Celková délka dopravníku „L_s“ (počítáno ke střednímu vláknu)

$$L_s = 2 \cdot l + 2 \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot R}{2} \right) \quad (8.1)$$

$$L_s = 2 \cdot 10 + 2 \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot 1,5}{2} \right)$$

$$L_s = 20 + 9,42$$

$$L_s = 29,42 \text{ m}$$

Celková plocha dopravníku „S“

$$S = 2 \cdot l \cdot b + (\pi \cdot R^2 - \pi \cdot r^2) \quad (8.2)$$

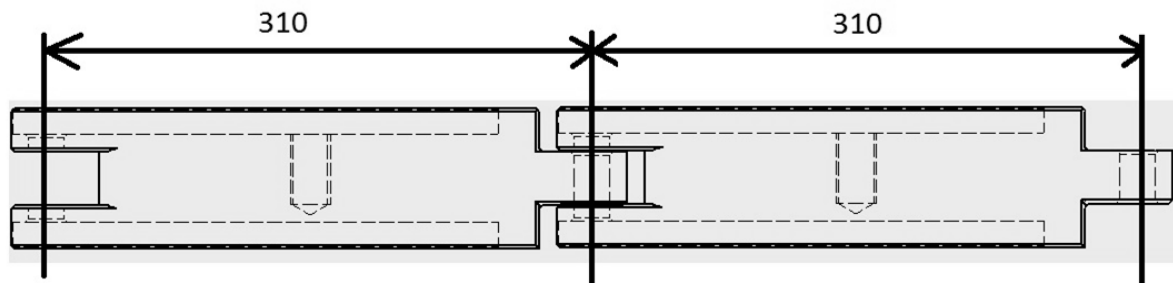
$$S = 2 \cdot 10 \cdot 1 + (\pi \cdot 2^2 - \pi \cdot 1^2)$$

$$S = 29,42 \text{ m}^2$$

8.2 Celkové svislé zatížení dopravníku

Rozteč řetězů „t“

Rozteč článků řetězu je dána konstrukčním řešením řetězu a je $t = 310$ mm, viz obrázek Obr. 8.2.



Obr. 8.2 Rozteč řetězů [13]

8.3 Počet článků na dopravníku

Celková délka dopravníku ke střednímu vláknu v místě trajektorie pohybu článkového řetězu je $L_s = 29,42$ m.

Počet článků na dopravníku se vypočte jako podíl této délky a rozteče článků řetězu:

$$k_{cl} = \frac{L_s}{t} \quad (8.3)$$

$$k_{cl} = \frac{29,42}{0,31}$$

$$k_{cl} = 94,903 \text{ ks}$$

Z důvodu snadnější úpravy délky dopravníku (zkrácení nebo prodloužení), kdy stačí v místě montáže nebo při výrobě zkrátit libovolnou přímou část nosné konstrukce, volím počet článků $k_{cl} = 94$ ks. Celková délka dopravníku ke střednímu vláknu bude:

$$L_s = k_{cl} \cdot t \quad (8.4)$$

$$L_s = 94 \cdot 0,31$$

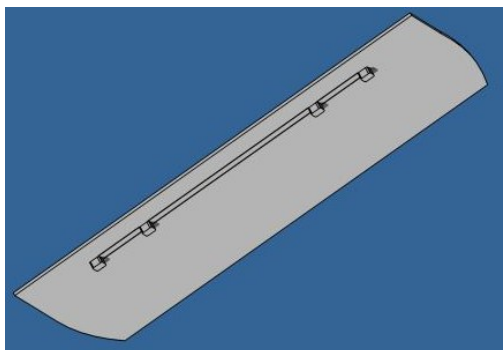
$$L_s = 94,14 \text{ m}$$

Délka dopravníku bude ve skutečnosti o 0,28 m menší, čehož se dosáhne zkrácením částí přímých úseků dopravníku na obou stranách o poloviční hodnotu, tj. 0,14 m.

8.4 Článek dopravníku a jeho hmotnost

Článek pásu (ABS plast, $\rho = 1,060 \text{ g}\cdot\text{cm}^3$)

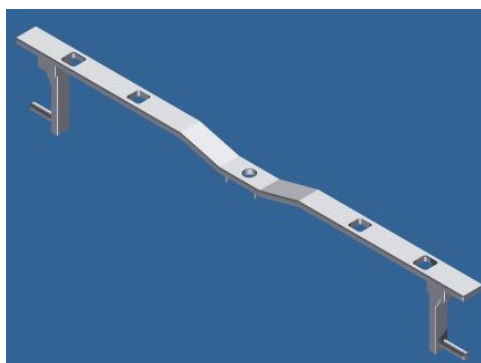
$m_p = 2,3 \text{ kg}$



Obr. 8.3 Článek pásu [13]

Nosný prvek (kompozit, $\rho = 1,570 \text{ g}\cdot\text{cm}^3$)

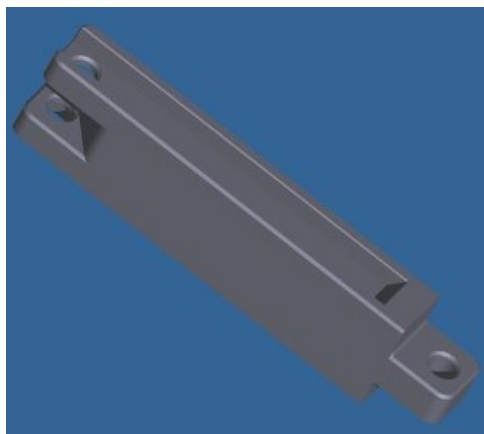
$m_{np} = 0,95 \text{ kg}$



Obr. 8.4 Nosný prvek [13]

Řetěz (kompozit, $\rho = 1,570 \text{ g}\cdot\text{cm}^3$)

$m_r = 1,4 \text{ kg}$



Obr. 8.5 Řetěz [13]

Materiál odlitků

Řetěz i nosný prvek jsou odlity z materiálu FilaWin[17]. K vlastnostem materiálu patří vysoká pevnost a tuhost, vysoká korozní odolnost, téměř nulová roztažnost a pro tyto vlastnosti se používá v letectví, strojírenství, ve sportu a v kosmickém inženýrství.

Má nízkou specifickou hmotnost, pouze 20 % hmotnosti oceli. To byl hlavní důvod pro volbu tohoto materiálu, kvůli dosažení co nejmenší hmotnosti pohybujících se částí dopravníku (řetěz a nosný prvek tvoří téměř polovinu hmotnosti jednoho pohybujícího se článku). Nízká hmotnost je taky výhodná kvůli volbě elektromotoru, menším silám působícím na dopravník apod.

Cena kompozitu v tomto případě nehraje roli, protože se jedná pouze o návrh materiálu, kdy byl požadavek na co nejmenší hmotnost.

FilaWin®

Vlákná: uhlík, sklo, aramid

Matrice: termoset (epoxy)

Vlastnosti:

- Vysoká tuhost
- Vysoká pevnost
- Nízká hmotnost
- Teplotní odolnost
- Korozní odolnost
- Návrh dle požadovaných vlastností
- Dobrý poměr cena/vlastnosti

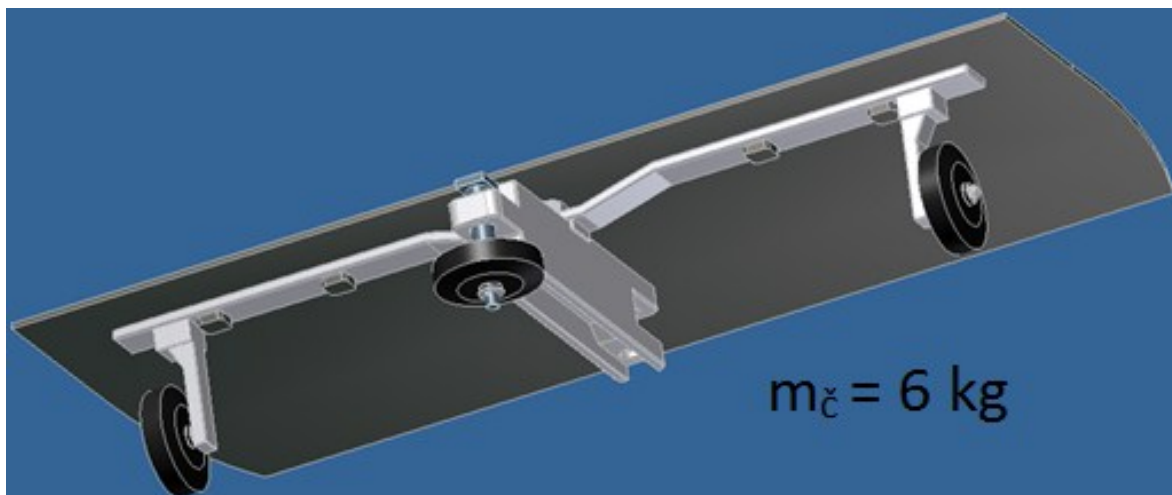


Modul pružnosti v tahu:	20 – 170 GPa
Mez pevnosti v tahu:	200 – 1200 MPa
Specifická hmotnost:	1 500 – 2 300 kg/m ³
Teplotní odolnost:	150°C

Obr. 8.6 Materiál odlitků [17]

8.5 Celková hmotnost jednoho článku

Celková hmotnost jednoho článku (Obr. 8.7) včetně kol, čepů a normalizovaných částí (podložek, pružných a pojistných podložek, šroubu a matice) je po zaokrouhlení směrem nahoru $m_{\check{c}} = 6 \text{ kg}$.



Obr. 8.7 Článek dopravníku [13]

Při výpočtu jsem uvažoval, že na dvou článcích bude jedno zavazadlo o hmotnosti $m_z = 30 \text{ kg}$. Dopravník se pohybuje rychlostí $v = 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a zavazadla na něj pokládá ve většině případů jeden zaměstnanec. Zavazadla musí být pokládána na dopravník uspořádaně, kvůli snadnějšímu odebrání a identifikaci.

Cestující budou zavazadla průběžně z dopravníku odebrat, takže se nestane, že by byl dopravník plně vytížený. Tento případ může nastat pouze výjimečně, jako je opožděný příchod cestujících do odbavovací haly apod.

Celková hmotnost, která bude působit na dopravník, se vypočte:

$$m_c = \left(\frac{m_z}{2} + m_{\varepsilon}\right) \cdot k_{cl} \quad (8.5)$$

$$m_c = (15 + 6) \cdot 94$$

$$m_c = 1974 \text{ kg}$$

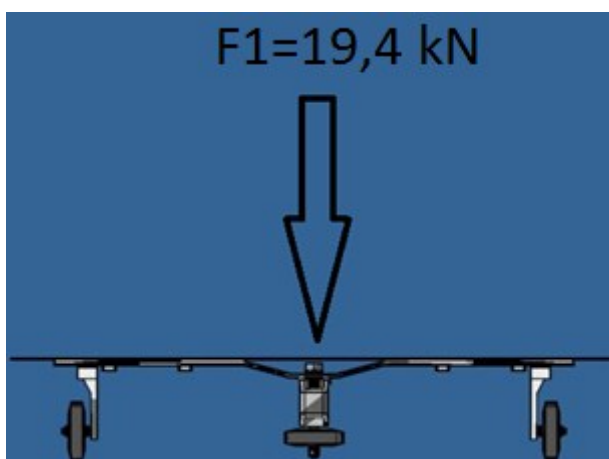
Hodnota $\frac{m_z}{2}$ je volena proto, že na dvou člancích bude jedno zavazadlo.

Celkové svislé zatížení (Obr. 8.8) po celém obvodu dopravníku bude:

$$F_1 = m_c \cdot g \quad (8.6)$$

$$F_1 = 1974 \cdot 9,81$$

$$F_1 = 19,4 \text{ kN}$$



Obr. 8.8 Celkové svislé zatížení [13]

Výpočet pojízdného odporu w_v

Vozidlový odpor je součástí jízdního odporu a je v místě styku kola s vedením. Součástí je odpor ložisek, odpor valením a odpor vzduchu (v mém případě zanedbaný)

$$F_s \cdot \frac{D}{2} - G_v \cdot e_1 - G_v \cdot e_2 = 0 \quad (8.7)$$

$$F_s = \frac{G_v \cdot (e_1 + e_2) \cdot 2}{D}$$

$$w_v = \frac{(e_1 + e_2) \cdot 2}{D}$$

$$w_v = \frac{(0,0005 + 0,0077) \cdot 2}{0,1}$$

$$w_v = 0,164$$

$e_1, e_2 \dots$ [18]

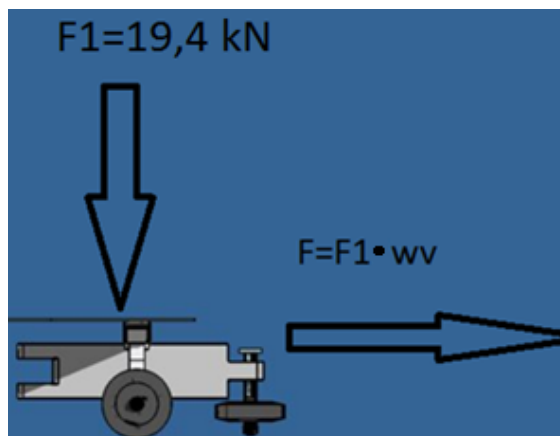
Výpočet síly ve směru pohybu

Potřebná hnací síla se vypočte jako součin vozidlového odporu a celkového zatížení, které působí na dopravník.

$$F = F_1 \cdot w_v \quad (8.8)$$

$$F = 19,4 \cdot 0,164$$

$$F = 3,2 \text{ kN}$$



Obr. 8.9 Síla ve směru pohybu [13]

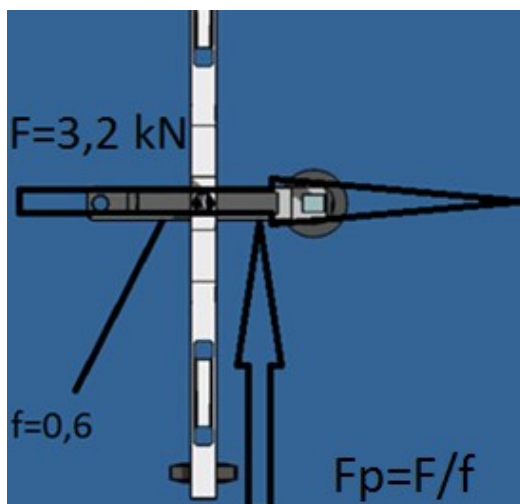
Výpočet potřebné přítláčné síly pro pohon

Součinitel tření mezi řemenem a řetězem je $f = 0,6$ a byl zvolen z katalogu firmy HOSTR, Liberec [16]. Podle vztahu mezi třecí a normálovou silou, $T = N \cdot f$, se přítláčná síla vypočte:

$$F_p = \frac{F}{f} \quad (8.9)$$

$$F_p = \frac{3,2}{0,6}$$

$$F_p = 5,3 \text{ kN}$$

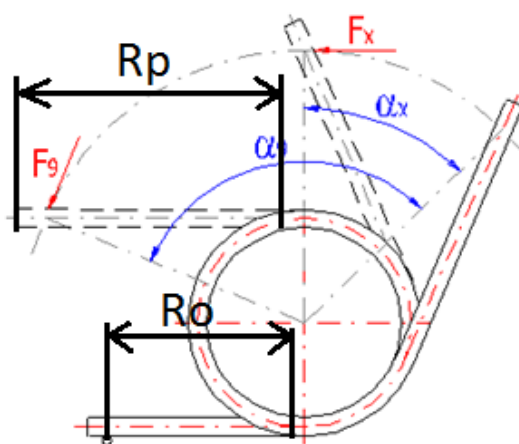


Obr. 8.10 Přítláčná síla [13]

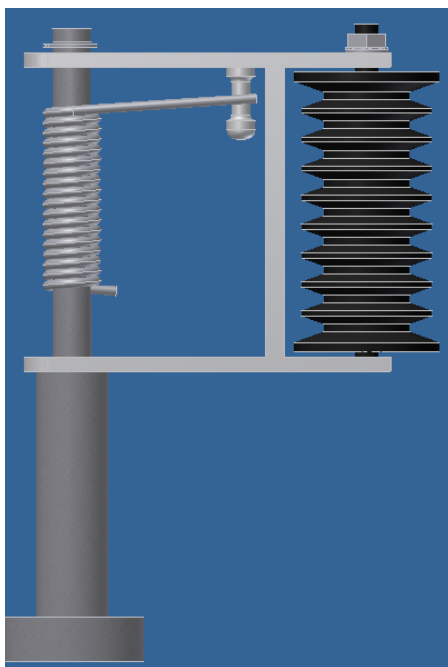
8.6 Návrh a výpočet zkrutné pružiny

Návrh a výpočet zkrutné pružiny byl realizován v programu **MITCalc** [19]. Celková potřebná přitlačná síla pro pohon třením je $F_p = 5\,300\text{ N}$ a jedna pružina vyvine minimální sílu $F_x = 600\text{ N}$.

Volím počet zkrutných pružin $i = 10$ ks, takže celková minimální přitlačná síla, kterou pružiny vyvinou, bude $F_{ps} = 6\,000\text{ N}$. Příklad konkrétního použití pružiny na dopravníku je na obrázku Obr. 8.12.



Obr. 8.11 Parametry pružiny [19]



Obr. 8.12 Zkrutná pružina [13]

Parametry pružiny (Tab. 1)

- délka pracovní části ramene $R_p = 38 \text{ mm}$
- délka opěrné části ramene $R_o = 5 \text{ mm}$

Tab. 1 Parametry pružiny [19]

Zkrutná pružina		
Počet činných závitů	n	17,75
Smysl vinutí závitu	Pravý	
Povrchové zpracování	Kuličkované pružiny	
Momentová (úhlová) tuhost pružiny [Nmm/°]	c	69,33
Hmotnost pružiny [kg]	m	0,192
Zatížení pružiny[N]	Fx	600
Mezní zatížení pružiny[N]	F9	796
Vnější průměr pružiny[mm]	De	27,99
Vnitřní průměr pružiny[mm]	Di	18,49
Úhel mezi rameny ve stavu volném [°]	delta0	27,7
Úhlová výchylka ramene předpružené pružiny [°]	alpha1	74,9
Úhlová výchylka ramene plně zatížené pružiny [°]	alpha8	116
Minimální pracovní zatížení [Nm]	M1	5,17
Maximální pracovní zatížení [Nm]	M8	8
Mezní zatížení pružiny [Nm]	M9	8,18
Materiál pružiny:		
Tažený patentovaný drát třídy DM dle EN 10270-1		
Průměr drátu	d	4,75

8.7 Volba elektromotoru

Potřebný příkon elektromotoru P

Rychlost dopravníku volím $v = 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

(8.10)

$$P = \frac{F \cdot v}{\eta_c \cdot 1000}$$

$$P = \frac{3200 \cdot 0,4}{0,9 \cdot 1000}$$

$$P = 1,5 \text{ kW}$$

Otáčky poháněcího kola n

$$\begin{aligned}v &= \pi \cdot D \cdot n \\n &= \frac{v}{\pi \cdot D} \\n &= \frac{0,4}{\pi \cdot 0,2} \\n &= 0,63 \text{ ot} \cdot \text{s}^{-1} \\n &= 38 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}\end{aligned}\tag{8.11}$$

Potřebný točivý moment M

Točivý moment je součin potřebné hnací síly a poloměru bubnu:

$$\begin{aligned}M &= F \cdot r_b \\M &= 3200 \cdot 0,1 \\M &= 320 \text{ N} \cdot \text{m}\end{aligned}\tag{8.12}$$

Vypočítané a zvolené hodnoty:

- příkon $P = 1,5 \text{ kW}$,
- otáčky $n = 38 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$,
- potřebný moment $M = 320 \text{ N} \cdot \text{m}$,
- rychlost $v = 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Pohon budu volit ze dvou variant

1. elektromotor s převodovkou
2. pomaloběžný elektromotor

1. Elektromotor s převodovkou

Z katalogu NORD DRIVESYSTEMS [20] vybírám dva elektromotory s těmito parametry (Tab. 2). Motory jsou třífázové a je k nim přiřazena odpovídající převodovka (ke každému typu elektromotoru).

Tab. 2 Parametry elektromotorů [20]

Název	Výkon	Výstupní otáčky	Moment	Účinnost (motor+převodovka)
SK12080-90/L4	1,5 kW	37 ot·min ⁻¹	321 N·m	0,78
SK12080-100L/4	2,2 kW	38 ot·min ⁻¹	459 N·m	0,82

Výpočet skutečného potřebného výkonu

- účinnost ložisek $\eta_L = 0,98$ [21]
- účinnost řemenového pohonu $\eta_p = 0,9$ [22]

Celková účinnost se vypočte jako součet dílčích účinností:

$$\begin{aligned}\eta_c &= \eta_p \cdot \eta_m \cdot \eta_L \\ \eta_c &= 0,9 \cdot 0,78 \cdot 0,98 \\ \eta_c &= 0,69\end{aligned}\tag{8.13}$$

$$\begin{aligned}P_s &= \frac{F \cdot v}{\eta_c \cdot 1000} \\ P_s &= \frac{3200 \cdot 0,4}{0,69 \cdot 1000} \\ P_s &= 1,8 \text{ kW}\end{aligned}\tag{8.14}$$

Volím elektromotor 100L/4-2WU a k němu odpovídající převodovku SK 12080-100L/4 (viz Tab. 3).

– přepočítané hodnoty:

$$\begin{aligned}\eta_c &= \eta_p \cdot \eta_m \cdot \eta_L \\ \eta_c &= 0,9 \cdot 0,81 \cdot 0,98 \\ \eta_c &= 0,714\end{aligned}\tag{8.15}$$

$$\begin{aligned}P_p &= \frac{F \cdot v}{\eta_c \cdot 1000} \\ P_p &= \frac{3200 \cdot 0,4}{0,714 \cdot 1000} \\ P_p &= 1,73 \text{ kW}\end{aligned}\tag{8.16}$$

- potřebný moment $M = 320 \text{ N}\cdot\text{m}$
- moment elektromotoru $M_m = 459 \text{ N}\cdot\text{m}$
- $M_m > M$...vyhovuje

Parametry elektromotoru

- Typ: 100L/4-2WU
- Počet pólů: 4
- Výkon: 2,2 kW
- Otáčky: $1\,440\text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$

Parametry převodovky (šneková)

- Typ: SK 12080-100L/4
- Převodový poměr: $i_p = 37,23$

Celková hmotnost elektromotoru s převodovkou je $m_{\text{př}} = 75\text{ kg}$.

Skutečná rychlost dopravníku

- skutečné otáčky bubnu dopravníku budou:

$$n_s = \frac{n}{i} \quad (8.17)$$

$$n_s = \frac{1400}{37,23}$$

$$n_s = 38,68\text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$$

$$n_s = 0,6446\text{ ot}\cdot\text{s}^{-1}$$

- skutečná rychlost dopravníku

$$v_s = \pi \cdot D \cdot n \quad (8.18)$$

$$v_s = \pi \cdot 0,2 \cdot 0,6446$$

$$v_s = 0,405\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Odchylka mezi volenou rychlostí a skutečnou rychlostí je 1,25 %, což považuji za přijatelné, protože požadovaná odchylka byla $\pm 3\%$.

Motor se dodává spojený s převodovkou, takže odpadá návrh a výpočet spojky. Výstupní hřídel z převodovky je opatřena perem dle ČSN (PERO 10e7 x 8 x 56 ČSN 02 2562 [27]).

Tab. 3 Parametry elektromotoru [20]

1500 min ⁻¹ 50 Hz				230/400V & 400/690V - S1										EFF2	
	P _N [kW]	n _N [min ⁻¹]	I _N (230/400V) [A]	I _N (400/690V) [A]	cos φ	η(4/4xP _N) [%]	η(3/4xP _N) [%]		M _N [Nm]	M _A /M _N	M _K /M _N	I _A /I _N	L _{PA} dB(A)	L _{WA} dB(A)	J [kgm ²]
63S/4	0,12	1335	0,95 / 0,55		0,64	49,9	*	*	0,86	2,7	2,7	2,9	44	52	0,00021
63L/4	0,18	1360	1,18 / 0,68		0,64	56,2	*	*	1,26	2,5	2,6	3,3	44	52	0,00028
71S/4	0,25	1380	1,32 / 0,76		0,77	61,6	*	*	1,73	2,2	2,1	3,3	49	57	0,00072
71L/4	0,37	1380	1,89 / 1,09		0,71	64,4	*	*	2,56	2,0	2,4	3,6	49	57	0,00086
80S/4	0,55	1375	2,63 / 1,52		0,73	71,5	*	*	3,82	1,9	2,0	3,3	51	59	0,00109
80L/4	0,75	1375	3,64 / 2,10		0,74	69,6	*	*	5,21	2,0	2,1	3,5	51	59	0,00145
90S/4	1,10	1395	4,87 / 2,81		0,74	76,2	75,9	EFF2	7,53	2,3	2,6	4,4	53	61	0,00235
90L/4	1,50	1395	6,15 / 3,55		0,78	78,5	78,2	EFF2	10,3	2,3	2,6	4,8	53	61	0,00313
100L/4	2,20	1440	9,04 / 5,22		0,74	81,1	81,1	EFF2	14,6	2,3	3,0	5,1	56	64	0,0045

2. Pomaloběžný elektromotor

Vypočítané hodnoty:

- výkon $P = 1,5 \text{ kW}$
- otáčky $n = 38 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$
- potřebný moment $M = 310 \text{ N} \cdot \text{m}$
- rychlost $v = 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Pomaloběžný elektromotor nevolím z následujících důvodů, protože tyto elektromotory:

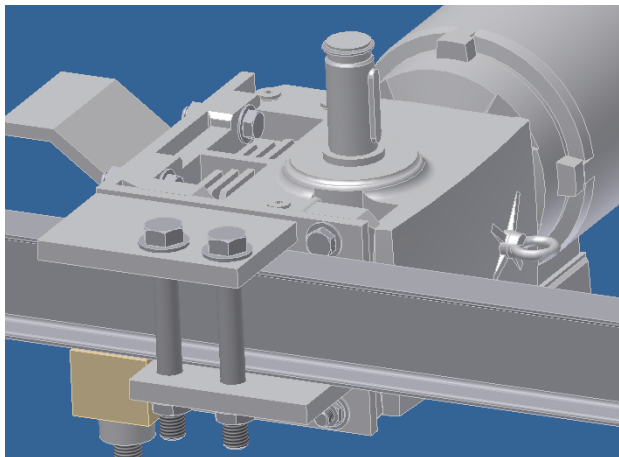
- nedosahují požadovaných momentů,
- nejsou schopny vyvinout malé otáčky (otáčky okolo $80 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$, pomocí frekvenčních měničů se dá redukovat na polovinu [23]),
- malá nabídka na trhu.

Volím pohon pomocí elektromotoru s převodovkou z následujících důvodů:

- elektromotor dosahuje požadovaného momentu,
- pomocí převodovky je schopen dosáhnout požadovaných otáček,
- velká nabídka na trhu (lepší dostupnost a nižší ceny).

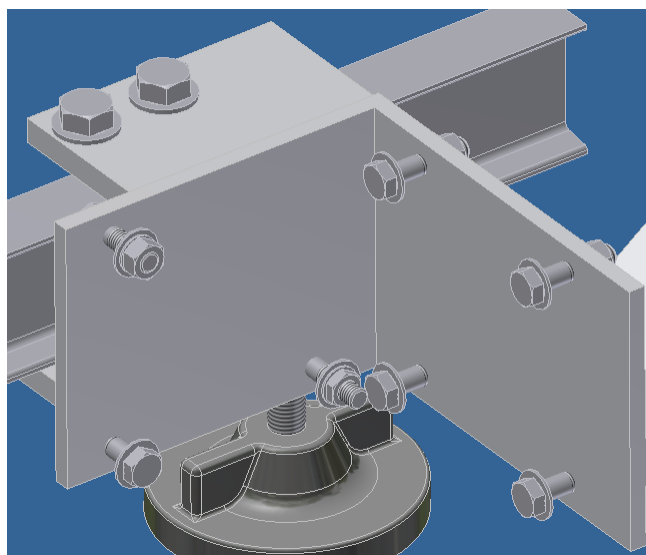
8.8 Uchycení motoru na nosné konstrukci dopravníku

Elektromotor je přišroubován k podstavci a ten je přišroubován a přivařen k nosné konstrukci (Obr. 8.13).



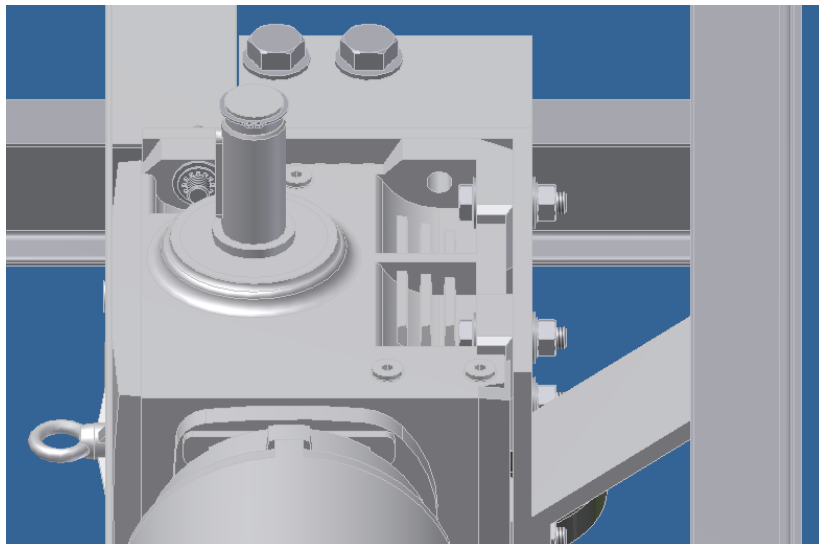
Obr. 8.13 Uchycení elektromotoru [13]

Elektromotor je k podstavci přišroubován 7 šrouby M12 x 50, čímž je zaručena jeho dostatečná tuhost (Obr. 8.14). Šrouby jsou proti povolení pojištěny pružnou podložkou.



Obr. 8.14 Uchycení elektromotoru [13]

Podstavec je k nosné konstrukci dopravníku přišroubován dvěma šrouby M18 x 150, které jsou pojištěny pružnou podložkou. Dále je ještě podstavec k nosné konstrukci přivařen pomocí traverzy (Obr. 8.15), čímž se omezí vibrace a zvýší se celková tuhost soustavy.



Obr. 8.15 Uchycení elektromotoru [13]

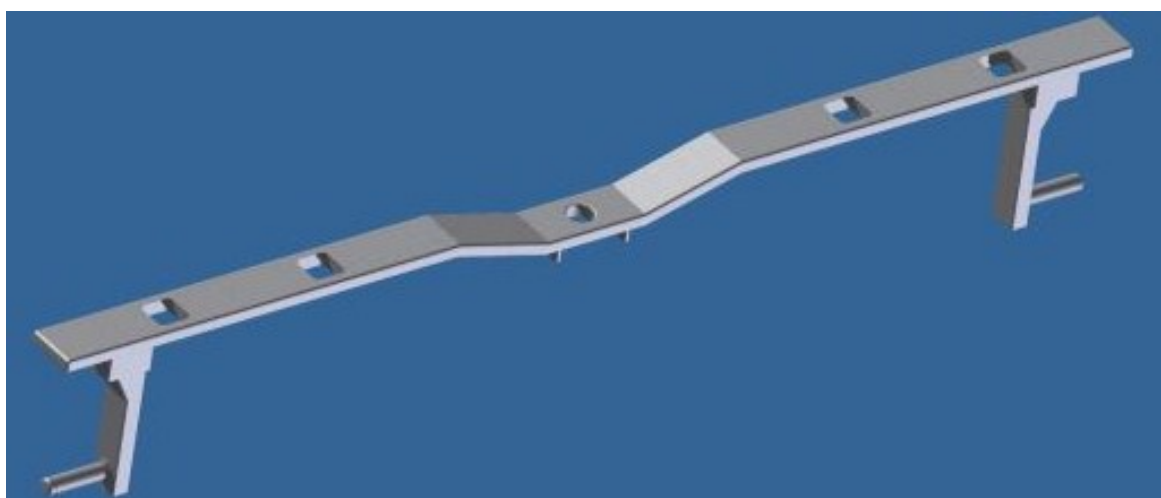
9 MKP – kontrola na průhyb

9.1 Zadání

Cílem analýzy metodou konečných prvků bylo zjistit průhyb uprostřed nosného prvku (Obr. 9.2). Analýzu jsem prováděl v programu ANSYS WorkBench (Obr. 9.1) za odborné asistence doc. Ing. Karla Frydrýška, Ph.D. a chtěl jsem zjistit, jestli je součást správně navržena.



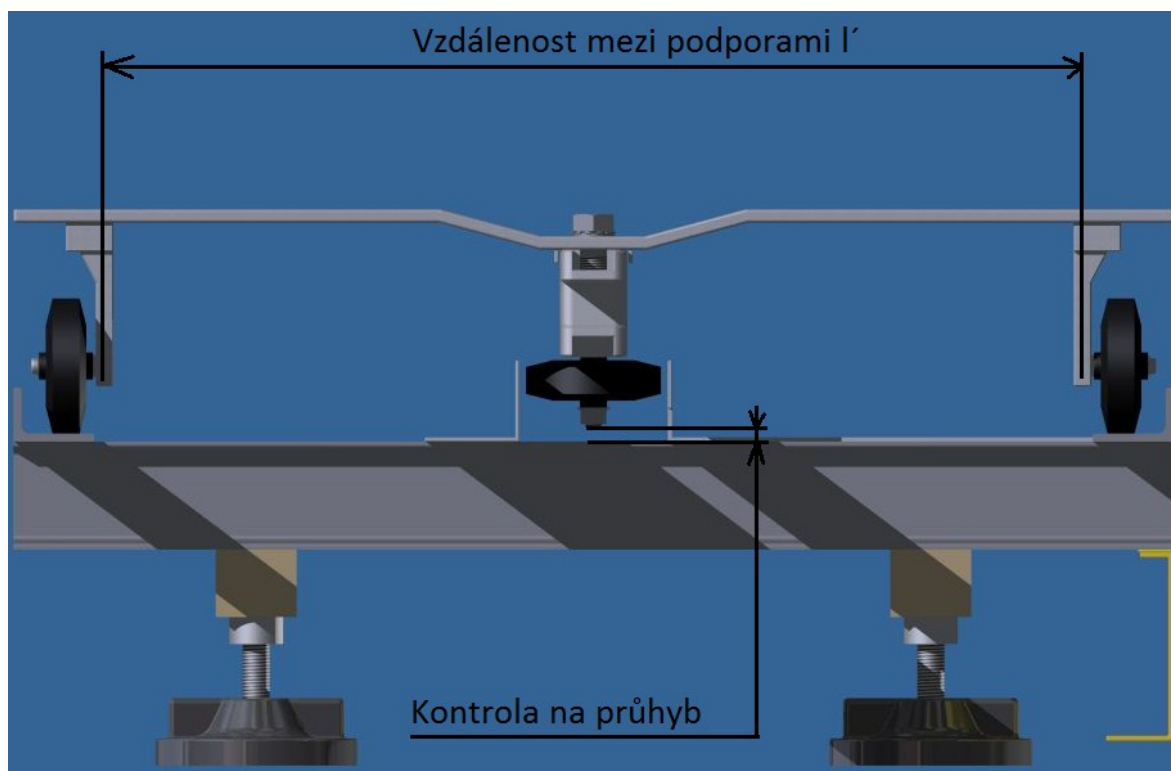
Obr. 9.1 Výpočet v programu ANSYS [24]



Obr. 9.2 Nosný prvek [13]

Maximální dovolený průhyb součásti je 10,1 mm (Obr. 9.3). Je to hodnota, při které by došlo ke kolizi mezi čepem, který nese vodící kolo, a nosnou konstrukcí dopravníku.

Průhyb jsem zjišťoval při dvojnásobném možném zatížení (dvě 30kilová zavazadla na sobě), takže síla uprostřed nosníku byla $F_a = 600$ N. Vlastní tíhu nosného prvku jsem zanedbal. Rozpětí mezi podporami je $l' = 712$ mm.



Obr. 9.3 Dovolенý průhyb [13]

9.2 Průběh výpočtu

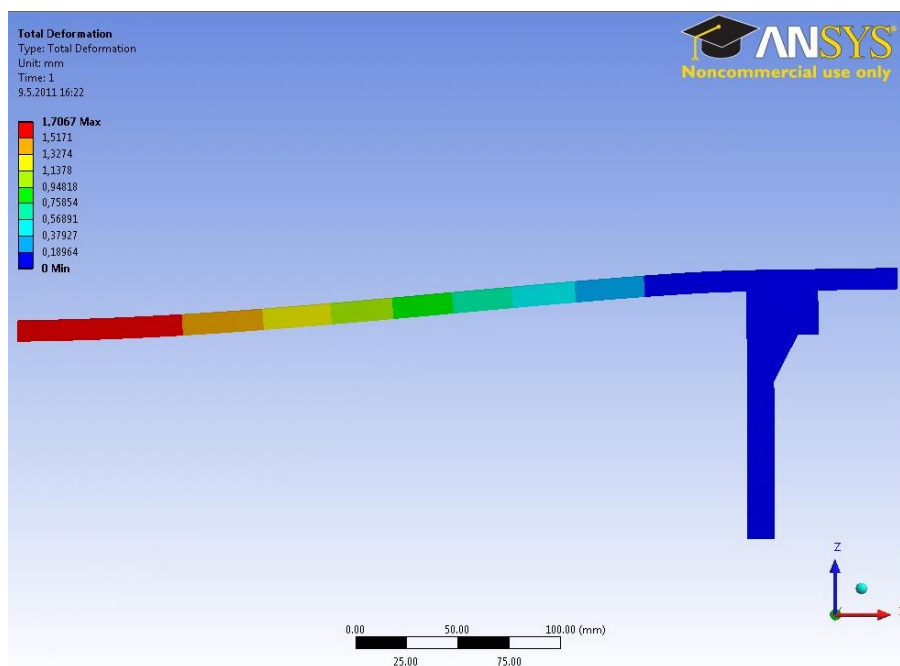
V první fázi jsem do programu ANSYS importoval zjednodušenou součást, kterou jsem předtím vymodeloval v programu INVENTOR. V druhé fázi jsem vytvořil osy symetrie pro zjednodušení a zrychlení výpočtu (součást má dvě osy symetrie). V třetí fázi jsem vytvořil síť konečných prvků a zadal materiálové vlastnosti (modul pružnosti v tahu, hustotu, Poissonovu konstantu...). V poslední fázi jsem zadal zatěžující sílu a určil počáteční podmínky. Jako podmínky bylo použito vetknutí v místě podpor a deformace pouze ve směru působení zatěžující síly.

Vzhledem k tomu, že jsem vytvořil jednu osu symetrie, byla zadávaná síla F_a o polovinu menší.

9.3 Výsledek

Výsledkem analýzy metodou konečných prvků bylo, že při dvojnásobném zatížení se nosný prvek prohнул o hodnotu $\omega = 1,71$ mm, takže průhyb vyhovuje zadání.

Součást je správně navržena a není potřeba ji dále upravovat.




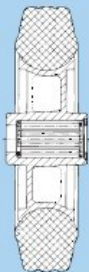

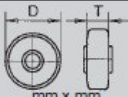








Obr. 9.4 Analýza MKP [24]

Výstupem po analýze metodou MKP programu ANSYS byl nosný prvek, jak ho lze vidět na obrázku Obr. 9.4. Byla na něm aplikována jedna osa symetrie a byl zatížen silou $F_{as} = 300$ N. Maximálního průhybu $\omega = 1,71$ mm bylo docíleno v polovině nosného prvku.

10 Volba pojízďecího a vodicího kola

Pojízďecí a vodicí kola jsem zvolil stejného typu, aby při poškození některého z nich stačilo mít na skladě jeden druh náhradních dílů. Kola jsou pogumovaná a mají tichý chod. Průměr kola je $D = 100 \text{ mm}$, šířka $b_k = 30 \text{ mm}$ a únosnost jednoho kola je $n_k = 70 \text{ kg}$.



Räder mit STANDARD Vollgummibereifung und Kunststoff-Felgen Typ GK	Wheels with STANDARD rubber tyres and plastic centre type GK	Kola s běhouny z pryže STANDARD a plastovými ráfky, kola typu GK				
 Serie GK	 Serie GK	 Serie GK				
<ul style="list-style-type: none">• Geräuscharmer Lauf• Korrosionsunempfindlich	<ul style="list-style-type: none">• Quiet running performance• Corrosion resistant	<ul style="list-style-type: none">• Tichý provoz• Odolnost proti korozi				
 D mm x mm	 d mm	 T1 mm	 kg		Artikelbezeichnung Code-No. Označení výrobku	Teile Nr. Identity-No. Katalogové číslo
80 x 25	12	40	50		GK 80/25/1 G	143241
					GK 80/25/1 R	139679
100 x 30	12	40	70		GK 100/30/1 G	143242
					GK 100/30/1 R	139680

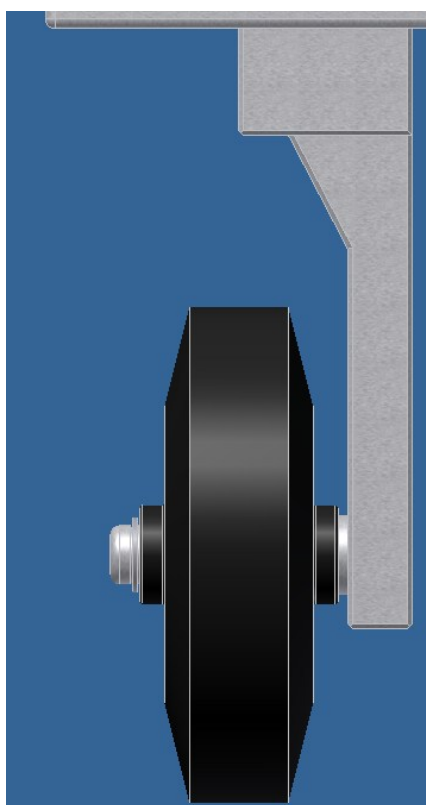
Obr. 10.1 Volba kola [25]

Kolo jsem volil z katalogu firmy Wicke (Obr. 10.1) [25].

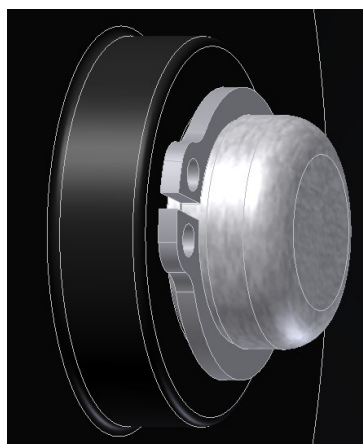
10.1 Pojížděcí kola

Kolo je umístěno na čepu a součástí kola je ložisko, které zajišťuje otáčivý pohyb (Obr. 10.2). Z jedné strany kolo dosedá na větší průměr vybrání a z druhé je jištěno pojistným kroužkem (Obr. 10.3), čímž je zajištěna stabilita kola proti vypadnutí z čepu.

Pojížděcí kola se pohybují po dvou L profilech, které tvoří základ nosné konstrukce dopravníku. V zatáčce dopravníku pojíždějí po ohýbaném plechu, který je přivařen k nosné konstrukci.



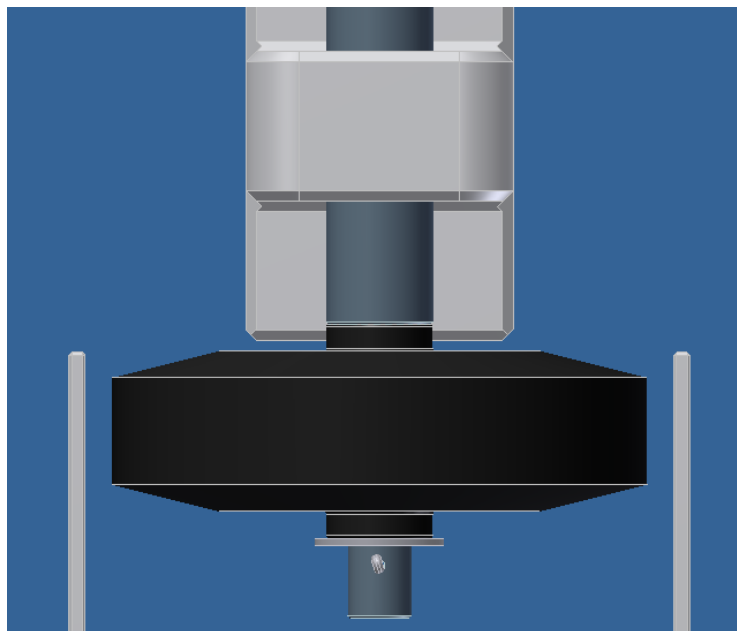
Obr. 10.2 Pojížděcí kolo [13]



Obr. 10.3 Pojištění kola [13]

10.2 Vodicí kola

Vodicí kolo (Obr. 10.4) zajišťuje stabilitu ve směru pohybu. Je umístěno na čepu, který spojuje články řetězu.



Obr. 10.4 Vodicí kolo [13]

Vodicí kolo se pohybuje mezi dvěma plechy o tloušťce 3 mm, které jsou přivařeny k nosné konstrukci a které zajišťují stabilitu ve směru pohybu. Z obou dvou stran je v ideálním případě mezera 5 mm a tím je zaručeno, že když se kolo opře o jeden plech, tak se bude moci volně otáčet.

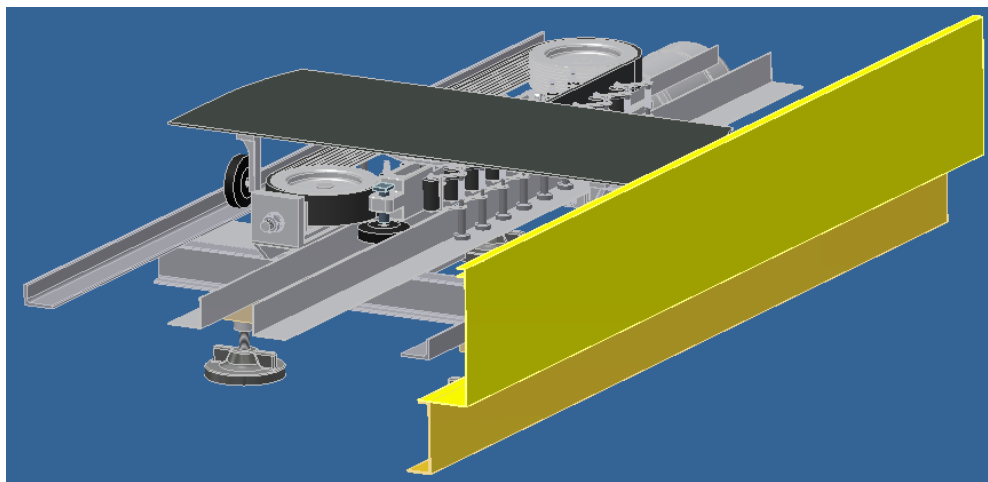
V oblouku kolo dosedne na vnitřní plech a bude se po něm odvalovat. V oblouku je taky zaručena mezera z druhé strany, protože kdyby se vodicí kolo dotýkalo vnitřního i vnějšího plechu zároveň, nemohlo by se otáčet. Dostalo by se do smyku, což by způsobilo zvýšenou hladinu zvuku, zvětšilo odpory a zpomalilo pohyb dopravníku.

11 Bezpečnost dopravníku

U pohybujícího se dopravníku je nebezpečí zachycení oděvu mezi boční kryty a články pásu. Z tohoto důvodu jsou na dopravníku bezpečnostní tlačítka, která dopravník v případě nebezpečí vypnou. Dále je upravena konstrukce dopravníku tak, aby mezi pohybujícím se pásem a krytem byla co nejmenší mezera. Nebezpečí zachycení oděvu nebo části zavazadel, (ucha, přezky ...) mezi články pásu nehrozí, protože články na sebe dosedají a není mezi nimi žádná mezera. Nebezpečí zranění od pohybujících se částí uvnitř konstrukce dopravníku taky nehrozí, protože dopravník je celý zakrytovaný.

11.1 Boční kryty

Zakrytování dopravníku (Obr. 11.1) tvoří dva ohýbané plechy o tloušťce 3 mm. Kryty zakrývají všechny vnitřní pohybující se části a určují vzhled a design dopravníku. Pro lepší viditelnost jsou plechy na obrázku Obr. 11.1 znázorněny žlutou barvou.



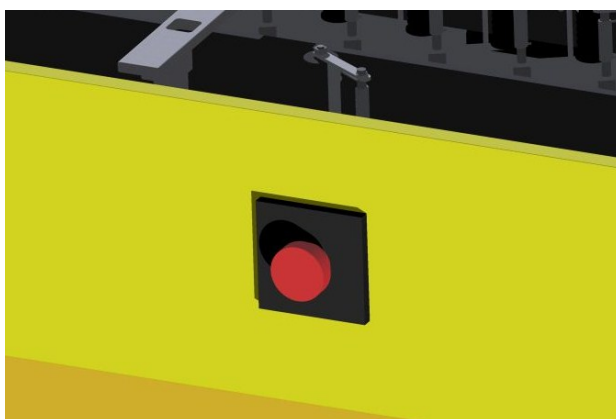
Obr. 11.1 Zakrytování dopravníku [13]

Kryty jsou k nosné konstrukci přišroubovány. Šroubový spoj je volen z důvodu snadné výměny v případě poškození krytu. Bude-li nutná oprava dopravníku nebo jeho revize, je tím zajištěn i snadný přístup do vnitřní konstrukce

11.2 Bezpečnostní tlačítka

Tlačítka (Obr. 11.2) budou rozmístěna po celém obvodu dopravníku na straně pro cestující i na straně pro personál letiště. Rozmístěna budou v dvoumetrových intervalech, na každé části nosné konstrukce bude jedno. V případě nebezpečí tlačítka dopravník vypnou (odpojí elektromotor od sítě).

Na stěně, která odděluje prostor pro personál a cestující, budou rovněž umístěna bezpečnostní tlačítka ve výšce 1,5 metru. V případě nebezpečí bude možno dopravník okamžitě vypnout.



Obr. 11.2 Bezpečnostní tlačítka [13]

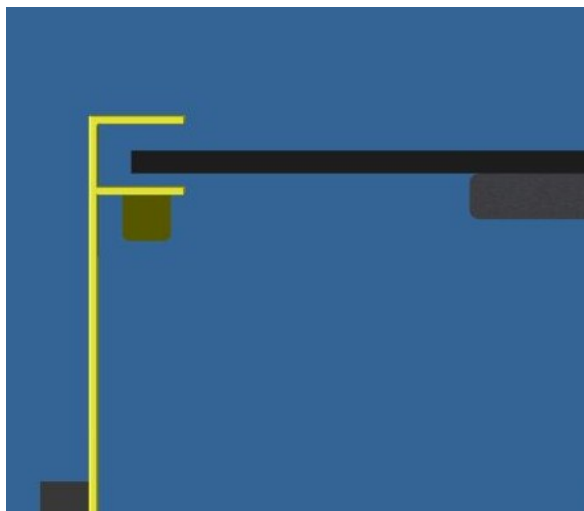
11.3 Konstrukce dopravníku

Dopravník je navržen a zkonstruován tak, aby mezi pohybujícím se pásem a konstrukcí dopravníku byla co nejmenší mezera (v mém případě 2 mm). Tím se omezí možnost zachycení oděvu nebo částí těla na minimum (Obr. 11.3).



Obr. 11.3 Konstrukce dopravníku [13]

Dopravník se pohybuje relativně malou rychlostí ($0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) a nejsou na něm žádné ostré hrany. V případě, že by došlo k zachycení oděvu, nehrozí žádné vážnější zranění, protože bezpečnostní tlačítka jsou rozmístěna rovnoměrně po celém obvodu dopravníku.



Obr. 11.4 Konstrukce dopravníku [13]

11.4 Konstrukční provedení pohonu

Jako bezpečnostní prvek se dá považovat i provedení pohonu dopravníku, který chrání elektromotor proti přetížení. Při přetížení dopravníku dojde k prokluzu mezi řemenem a řemenicí a dopravník se nerozjede.

ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce byl výpočet a konstrukční návrh odbavovacího dopravníku příletové letištní haly, který jsem navrhoval a počítal pro Mezinárodní letiště Ostrava-Mošnov. Jedná se o článkový dopravník, jehož tažným prvkem je jeden článkový řetěz.

Jako první jsem volil vhodný tvar a konstrukci dopravníku. Pro dané letiště byl vybrán jednoduchý oválný tvar a vodorovná konstrukce, což je vyhovující vzhledem k vstupním parametrům, které byly např. tvar odbavovací haly a požadovaná přepravní kapacita. Při návrhu nosné konstrukce jsem se snažil volit normalizované součásti. Každá část nosné konstrukce je postavena na čtyřech nohách a v průběhu navrhování dopravníku byl požadavek na rovnou podlahu. Z důvodu její možné nerovnosti, případně nepřesné výroby, nebo montáže dopravníku je jedna noha stavitelná.

V druhé části jsem navrhoval a počítal tažný a nosný prvek. Jako tažný prvek byl použit článkový řetěz. Při jeho konstruování musel být brán ohled na rozměry zavazadel, aby na jeden článek připadalo přibližně jedno zavazadlo, což je výhodné zejména v zatáčkách. Boční plochy řetězu jsou dokonale rovinné z důvodu zvoleného pohonu pomocí třetího převodu. Při modelování nosného prvku byla použita analýza metodou konečných prvků. Touto analýzou jsem kontroloval dovolený průhyb, zda by nedocházelo ke kolizi s nosnou konstrukcí. Výsledkem bylo, že zjištěná hodnota vyhovovala dovolenému průhybu. Nosný i tažný prvek jsou odlitky z materiálu FilaWin, z důvodu jeho malé hmotnosti. Použitím tohoto materiálu se redukovala hmotnost pohybujících se částí i celého odbavovacího dopravníku. Nízká hmotnost pohybujících se částí měla také příznivý vliv na volbu elektromotoru.

Další část obsahuje výpočet a volbu pohonu dopravníku. Při výpočtu jsem nejprve zjišťoval průměrné rozměry a hmotnosti zavazadel, které se letecky přepravují. Tyto hodnoty byly zjištěny ze stránek leteckých společností a následně zprůměrovány. Z celkové délky dopravníku a průměrného rozměru a hmotnosti zavazadel jsem vypočítal největší možné zatížení, které může působit na dopravník. Vynásobením této hodnoty vozidlovým odporem pojízdných článků jsem získal potřebnou hnací sílu, pro kterou jsem volil elektromotor.

Pohon je vyřešen poněkud netypicky, než je u (článekových) dopravníků obvyklé. Potřebná hnací síla je vyvozena převodem pomocí tření, kdy je řemen přitlačován zkrutnými pružinami na boky řetězu. Byl použit žebrový řemen, protože dosahuje největší účinnosti při přenosu tření z řemenice na řemen. Třením se převede pohyb řemenu na články řetězu a dopravník se rozpohybuje. Výhodou tohoto pohonu je jeho tichý chod a ochrana motoru proti přetížení. Zkrutné pružiny byly voleny a počítány v programu MitCalc.

Napínání řemene je uskutečněno dvěma způsoby. Hlavní je pomocí šroubu, který kompenzuje trvalé prodloužení řemenu. Vedlejší způsob je prostřednictvím přitlačného válečku, který byl použit také pro vyvození tečné síly pro pohon třecím převodem. Váleček vlivem zkrutné pružiny neustále tlačí na řemen, mírně ho prohýbá a udržuje ho neustále napnutý. Odpadá potřeba časté kontroly napnutí řemene a dopravník se stává téměř bezúdržbový. Kontrolu napnutí a případné dotažení šroubu lze provádět v půlroční/roční revizi. Tento vedlejší způsob napínání má ještě jednu funkci - přitlačuje řemen a prohýbá ho směrem k řemenicím. Tím zvětšuje úhel opásání na řemenicích, což přispívá k lepší přeměně točivého momentu na hnací sílu. Použitá zkrutná pružina (na rozdíl od šroubu apod.) navíc eliminuje vůli vznikající opotřebením válečku při jeho odvalování.

V poslední části jsem se zabýval bezpečností dopravníku, na kterou jsem kladl velký důraz, protože se v jeho okolí neustále pohybují lidé, včetně malých dětí. Aby se předešlo zranění, jsou všechny pohybující se části dopravníku, kromě článků pásu, zakrytované. Dále jsou v případě ohrožení po obvodu dopravníku rozmístěny bezpečnostní tlačítka, která ho vypnou tím, že vypojí elektromotor od sítě. Konstrukce dopravníku je upravena tak, aby na něm nebyly žádné ostré hrany, které by v případě pádu na dopravník mohly způsobit vážné zranění.

Při kompletním návrhu dopravníku jsem se zaměřoval na co nejjednodušší řešení, potřebu minimální údržby a pokud možno tichý chod dopravníku. Tyto požadavky byly dodrženy. Tichý chod byl docílen konstrukčním řešením pohonu a pogumováním pohybujících se částí, které by mohly způsobovat hluk. Minimální údržba je daná tím, že stačí pravidelně kontrolovat pouze napnutí řemene a opotřebení válečků a pojízdných kol. Navržený dopravník je konstrukčně jednoduchý, snadno opravitelný a splňuje všechna kritéria, která by měl mít konkurenceschopný odbavovací dopravník pro příletovou letištní halu.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Robertu Brázdovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat doc. Ing. Karlu Frydrýškovi, Ph.D. za odbornou pomoc při analýze metodou konečných prvků.



V Ostravě 20. 05. 2011

.....

(podpis autora)

POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA

- [1] <http://www.glidepathgroup.com/baggage-claim-make-up-carousels-gb>
- [2] <http://www.hermos-vhm.de/getimage.php?asid=111>
- [3] <http://www.consumertraveler.com/today/8-tips-to-prevent-lost-baggage-when-flying/>
- [4] <http://www.logsys.cz/cs/fotogalerie/fotogalerie-letiste>
- [5] <http://www.ibelieveinadv.com/2009/10/beau-rivage-resort-casino-baggage-belt/>,
- [6] <http://adstrategy.wordpress.com/2010/04/28/keep-playing/>
- [7] http://www.jervisbwebb.com/Products/FlatPlateBC.aspx?pid=140&qs=1_4_,
- [8] <http://www.vanderlande.com/Baggage-Handling.htm>
- [9] [http://www.cochinairport.org/images/Cochin-Airport\(COK\)--Baggage-Handling-Lost-and-Found.jpg](http://www.cochinairport.org/images/Cochin-Airport(COK)--Baggage-Handling-Lost-and-Found.jpg)
- [10] <http://science.howstuffworks.com/transport/flight/modern/baggage-handling7.htm>,
- [11] Vytvořeno autorem práce v programu Adobe PhotoShop
- [12] Vytvořeno autorem práce v programu AutoCAD 2010
- [13] Vytvořeno autorem práce v programu Autodesk Inventor Professional 2010
- [14] <http://www.hrd-automatic.com/Products/conveyors/chainconveyor.htm>,
- [15] <http://www.directindustry.com/prod/browning/v-belt-drives-15926-35162.html>,
- [16] <http://www.hostr.cz/index.php?p=klinove-remeny>
- [17] http://new.bibus.cz/pdf/Comat/Kompozitni_materialy_COMAT.pdf, 11. 04. 2011
- [18] <http://www.converter.cz/tabulky/valive-treni.htm>
- [19] http://www.mitcalc.com/index_cz.htm, 30denní zkušební verze
- [20] http://www2.nord.com/cms/cz/hp_home_CZ.jsp, 11. 04. 2011
- [21] Hlavní katalog SKF, 2010
- [22] KALÁB, K.: Části a mechanismy strojů, ISBN 978-80-248-1860-3
- [23] <http://www.fans.cz/komponenty/motory/pohon-pm-trojfazove-asynchronni-motory-pro-mikroveze.htm>
- [24] ANSYS Workbench
- [25] http://www.wicke.cz/?go=ke_stazeni
- [26] http://new.bibus.cz/pdf/Comat/Kompozitni_materialy_COMAT.pdf
- [27] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: Strojnické tabulky, ISBN 80-86490-74-2
- [28] <http://www.vxb.com/page/bearings/PROD/8mm/Kit7492>, 12. 05. 2011

(Pozn. autora: nedatované odkazy byly použity k datu 10. 05. 2011.)

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A:	Sestava odbavovacího dopravníku	(Počet stran: 1)
	Číslo výkresu:	GRA098-01
Příloha B:	Výrobní výkres nosného prvku	(Počet stran: 1)
	Číslo výkresu:	GRA098-02
Příloha C:	Výrobní výkres tažného prvku	(Počet stran: 1)
	Číslo výkresu:	GRA098-03